

МОБИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМЫХ ПОИСКОВ НЕФТИ И ГАЗА: О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИХ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ВЫБОРЕ МЕСТ ЗАЛОЖЕНИЯ СКВАЖИН

С.П. Левашов^{1,2}, Н.А. Якимчук^{1,2}, И.Н. Корчагин³, Д.Н. Божежа²

¹*Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, пер. Лабораторный, 1, Киев 01133, Украина*

²*Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле ИГН НАН Украины, пер. Лабораторный, 1, Киев 01133, Украина*

³*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, просп. Акад. Палладина, 32, Киев 03680, Украина, e-mail: korchagin@karbon.com.ua*

Анализируются результаты применения прямопоисковых геофизических технологий (частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ и геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ) для оперативной оценки перспектив нефтегазоносности отдельных структур и поисковых блоков, а также участков бурения поисковых скважин. С использованием этих мобильных технологий обследованы поисковые участки и блоки, а также некоторые месторождения углеводородов (УВ) в Украине, Республике Казахстан, Англии, на шельфах ЮАР, Тринидада и Тобаго. В пределах обследованных площадей пробурены скважины. По результатам мониторинга при бурении на газ в плотных песчаниках Днепровско-Донецкой впадины (Украина), скв. Беляевская-400 не добурена до продуктивных горизонтов, а скв. Новомечбиловская-100 находится на краю обнаруженной аномальной зоны и коммерческие притоки газа не получены. Согласно исследованиям на площади Захатсор (Республика Казахстан), проектные скважины расположены в неоптимальных местах. Результаты бурения подтвердили прогноз. Три сухие скважины на шельфе Тринидада и Тобаго не попали в контуры закантированных аномалий, а проектную скважину на газовом месторождении (шельф ЮАР) перенесли в пределы обнаруженной рядом аномалии. Продуктивная скважина на юге Англии попала в контуры одной из закантированных на поисковой площади аномалий, а две сухие скважины расположены в безаномальной зоне. Результаты обработки спутникового снимка Оболонской структуры (Украина) сопоставлены с интегральной моделью, построенной по комплексу геолого-геофизических и геохимических данных. Обнаруженные прямопоисковыми методами аномальные зоны можно считать проекциями на земную поверхность контуров скоплений УВ в разрезе. Эта информация может использоваться для приближенной оценки ресурсов УВ в пределах обследованных участков и структур. Результаты исследований указывают на целесообразность применения прямопоисковых технологий для определения оптимальных участков бурения поисковых скважин. Повышение показателя успешности бурения в 2 раза может привести к существенному ускорению и оптимизации геолого-разведочного процесса на нефть и газ в целом.

Ключевые слова: мобильная технология, аномалия типа “залежь”, нефть, газ, газоконденсат, шельф, разломная зона, спутниковые данные, прямые поиски, обработка данных ДЗЗ, интерпретация.

Введение. С падением цен на нефть для крупных и небольших нефтяных компаний достаточно актуальной становится проблема ускорения и оптимизации процесса поисков и разведки промышленных скоплений нефти и газа в коллекторах традиционного и нетрадиционного типов. Ни для кого не секрет, что наибольшие финансовые затраты при поисках и разведке коммерческих скоплений углеводородов (УВ) приходится на бурение скважин, положение которых в пределах перспективных структур, поисковых площадей и отдельных объектов определяется по результатам геофизических (в первую очередь сейсмических) исследований. К сожалению, традиционные геофизические методы не являются прямыми методами поисков нефти и газа. В связи с этим коэффициент успешности бурения невысокий —

многие скважины не дают коммерческих притоков или оказываются сухими. Согласно [8, с. 3], “успешность поисково-разведочных работ в мире держится в среднем на уровне 30 %”.

Решению проблем оптимизации и ускорения геолого-разведочного этапа поисков, а также повышения коэффициента успешности бурения может способствовать более активное и целенаправленное использование в поисковом процессе мобильных методов и технологий “прямых” поисков скоплений нефти и газа. К таким методам можно отнести и разработанные авторами мобильные геоэлектрические методы становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) [22–24, 21], а также прямопоисковую технологию частотно-резонансной обработки

и декодирования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [17, 20, 21]. Апробация этих методов и их практическое применение для решения нефтегазопроисковых задач активно проводилась (и проводятся) авторами как на суше, так и в морских акваториях в различных регионах мира [14–24, 36]. Более полный список публикаций, подготовленных по результатам применения мобильных прямопоисковых методов в различных странах, приведен в статьях [14, 15, 19]. Значительный объем исследований с использованием технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ выполнен авторами в 2014 г. В частности, эта технология успешно опробована на участках распространения сланцевых пород в Украине, Польше, Румынии, Англии и США [15]. Обработка спутниковых снимков выполнена также в пределах двух относительно небольших поисковых участков в северо-западной и северной частях Республики Казахстан [16].

Ниже представлены и анализируются результаты применения мобильных прямопоисковых методов на поисковых площадях и месторождениях, на которых впоследствии были пробурены поисковые скважины. Авторы надеются, что такая демонстрация потенциальных возможностей прямопоисковых технологий и методов для повышения успешности бурения скважин будет способствовать их более активному применению в геолого-разведочном процессе на нефть и газ.

Мобильные технологии геофизических исследований. Потенциальные возможности и отличительные особенности упомянутых выше мобильных геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ, а также частотно-резонансной технологии обработки данных ДЗЗ охарактеризованы во многих публикациях [17, 20–24], а также информационных документах рекламного характера. Здесь акцентируем внимание только на некоторых принципиальных моментах.

Перечисленные методы это по сути “прямые” методы поисков нефти и газа, рудных полезных ископаемых и воды. Авторы неоднократно отмечали в своих публикациях, что данные методы работают в рамках новой парадигмы геофизических исследований – “вещественной” [21]. Разработанные в ее рамках технологии и методы (в том числе другими исследователями [11]) направлены на поиск конкретного (искомого в каждом конкретном случае) вещества – нефти, газа, газоконденсата, золота, цинка, урана и др. Применение этих методов при поисках и разведке скоплений УВ дает возможность обнаруживать и картировать аномальные зоны типа “залежь нефти”, “залежь газа”, “залежь газогидратов” и др.

Прямопоисковую технологию частотно-резонансной технологии обработки данных ДЗЗ можно считать супермобильной (супероперативной).

Она предоставляет авторам возможность в сжатые сроки получать оценки перспектив нефтегазоносности рекогносцировочного характера поисковых блоков и площадей в различных регионах (в том числе удаленных и труднодоступных) земного шара.

В комплексе используемых мобильных методов в целом важное место занимает методика оценки максимальных значений пластового давления флюидов в коллекторах [20]. Ее применение позволяет: во-первых, существенно сузить площадь поисков залежей УВ, а следовательно, и участков для заложения поисковых скважин; во-вторых, по оценкам пластовых давлений флюидов сформировать предварительные предположения о глубинах залегания залежей УВ; в-третьих, при отсутствии в пределах обнаруженных и закартированных аномальных зон типа “залежь УВ” участков с относительно повышенными значениями пластового давления флюидов исключить их из перечня объектов, заслуживающих первоочередного детального изучения и разбуривания.

Оценка максимальных значений пластового давления, в которых строятся аномальные зоны типа “залежь нефти (газа)”, – это некоторый комплексный параметр, зависящий от давления газа, находящегося во флюиде или в свободном виде в коллекторе, а также от его количества, т. е. от пористости пород. Поэтому на краях аномальных зон значения этого параметра уменьшаются, хотя глубины на краях могут увеличиваться. В зонах отсутствия газа значение параметра “давление” не определяется (оценивается).

По материалам исследований традиционными геофизическими методами создаются физические модели изучаемых участков, площадей и объектов: скоростная, плотностная, магнитная, температурная и т. д. В дальнейшем в результате геологической интерпретации физических моделей среды в разрезе выделяются тектонические элементы, структуры, объекты, с которыми могут быть связаны определенные виды полезных ископаемых (такой связи может и не быть, о чем свидетельствуют приведенные в настоящей статье, а также в многочисленных публикациях результаты бурения в различных регионах мира).

Согласно отмеченным особенностям традиционных и “прямых” методов поисков скоплений УВ можно констатировать, что прямое (прямолинейное) сопоставление результатов, полученных традиционными методами, с материалами прямопоисковых методов, в принципе, некорректно. Во многих случаях полученные материалы не будут соответствовать (и не соответствуют) друг другу. Материалы исследований традиционными и прямопоисковыми методами следует рассматривать только как дополняющие друг друга!

Большинство представленных ниже результатов получено с использованием мобильной технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ [17, 20, 21].

Мониторинг бурения скважин на газ в плотных песчаниках. Проблема поисков и добычи УВ из нетрадиционных коллекторов (сланцев, плотных песчаников, пород угольных бассейнов) в настоящее время исключительно актуальна, в Украине в том числе. Научный интерес авторов к этой проблеме был обусловлен также началом бурения в 2013 г. глубоких скважин в зоне сочленения Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) и Донбасского складчатого сооружения, где предполагается обнаружение залежей газа в плотных песчаниках.

Первые скважины (Беляевскую-400 и Новомечевилловскую-100) в этом регионе пробурила компания “Шелл” [32]. Результаты бурения на настоящий момент известны. Приступив к оценке перспектив нефтегазоносности участков бурения скважин, авторы получили реальную возможность в ближайшее время подтвердить или опровергнуть полученный по данным оперативно проведенных исследований прогноз бурением. Как на самом деле соотносятся результаты добутового прогноза авторов с данными бурения, рассмотрено ниже.

Районы исследований. Для обследования и последующего мониторинга выбраны поисковые участки в районе Беляевского соляного штока (район бурения скв. Беляевская-400), а также Новомечевилловской и Славянской структур.

К началу работ у авторов не было точных координат скважин (Беляевской-400, которая уже бурилась, и Новомечевилловской-100). Имелись только сведения из информационных сообщений, что первая расположена в районе с. Веселое Первомайского р-на Харьковской обл. Данные ДЗЗ этого участка (спутниковый снимок) были обработаны в масштабе 1 : 40 000.

Сведения о положении Новомечевилловской структуры приведены в статье [7], а детальное описание ее строения по результатам предыдущих геолого-геофизических исследований и бурения – в статье [6]. Для экспериментального обследования в этом районе был взят прямоугольный участок, существенно превышающий площадь самой структуры, – 2280 км². Координаты двух углов участка обследования (верхнего левого и нижнего правого): 1) 49°12'N; 36°10'E; 2) 48°52'N; 36°56'E. Спутниковый снимок поискового участка обработан в масштабе 1 : 115 000.

Данные ДЗЗ поискового участка площадью 670 км², включающего и известную Славянскую структуру, обработаны в масштабе 1 : 100 000. При подготовке к проведению исследований на этой площади использовались геолого-геофизические

материалы из статей [7, 30]. Славянская структура расположена в пределах Юзовской лицензионной площади, право на геолого-геофизическое изучение и разработку которой получила компания “Шелл”.

Обработка данных ДЗЗ перечисленных участков выполнена в феврале–марте 2013 г., полученные результаты впервые частично представлены в тезисах доклада [18].

Результаты обработки. По результатам декодирования спутникового снимка участка в районе Беляевского штока (скв. Беляевская-400) обнаружена относительно крупная по площади аномальная зона типа “залежь газа” (рис. 1). В ее пределах установлена зона с повышенными значениями пластового давления в коллекторах. Максимальные его значения по результатам обработки оценены в 54 МПа. С учетом гидростатического принципа это позволило предположить, что притоки газа могут быть получены в интервале глубин до 5400 м. Из рис. 1 следует, что скв. Беляевская-400 попадает на контур изолинии 53 МПа. Отметим, что ее точное положение на рис. 1 нанесено уже после обработки данных ДЗЗ. Площадь аномальной зоны по изолинии 0 МПа – 40 км², 50 МПа – 13 км².

В марте 2014 г. в средствах массовой информации появилось сообщение о том, что бурение скв. Беляевская-400 завершено на глубине 4650 м (проектная глубина бурения – 5250 м). В скважине было выполнено три стадии гидроразрыва пласта. (Отметим, что на конференции по поискам и разведке УВ в нетрадиционных коллекторах, проходившей в Киевском национальном университете имени Тараса Шевченко (июнь 2015 г.), представитель компании “Шелл” проинформировал, что глубина пробуренной скважины равна

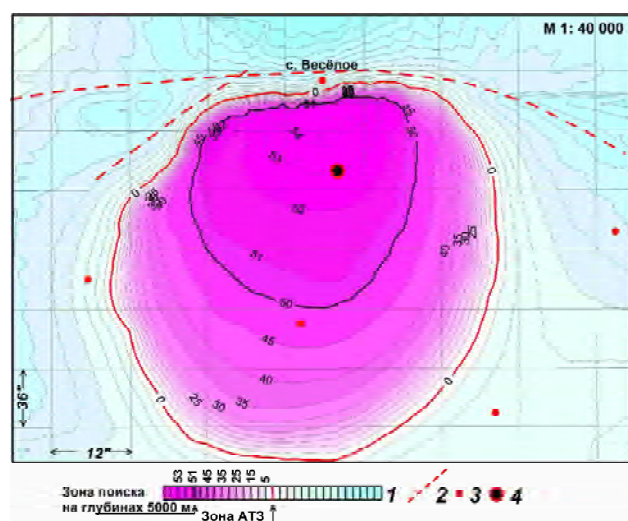


Рис. 1. Карта аномальной зоны типа “газовая залежь” в районе скв. Беляевская-400: 1 – шкала максимальных значений пластового давления, МПа; 2 – тектоническое нарушение; 3 – населенный пункт; 4 – положение скв. Беляевская-400

4446 м и что в ней проведено 8 стадий гидроразрыва пласта.) Однако промышленные притоки газа не были получены. В связи с отмеченным выше (отсутствием коммерческих притоков газа) в марте 2014 г. в районе скважины авторами выполнены дополнительные исследования с использованием технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ. Результаты дополнительных работ можно резюмировать следующим образом.

1. Наличие обнаруженной аномальной зоны подтверждено еще раз. На участке бурения зафиксированы интенсивные сигналы (аномальные отклики) на резонансных частотах свободного газа!
2. Вертикальным сканированием в окрестностях скв. Беляевская-400 выделены перспективные

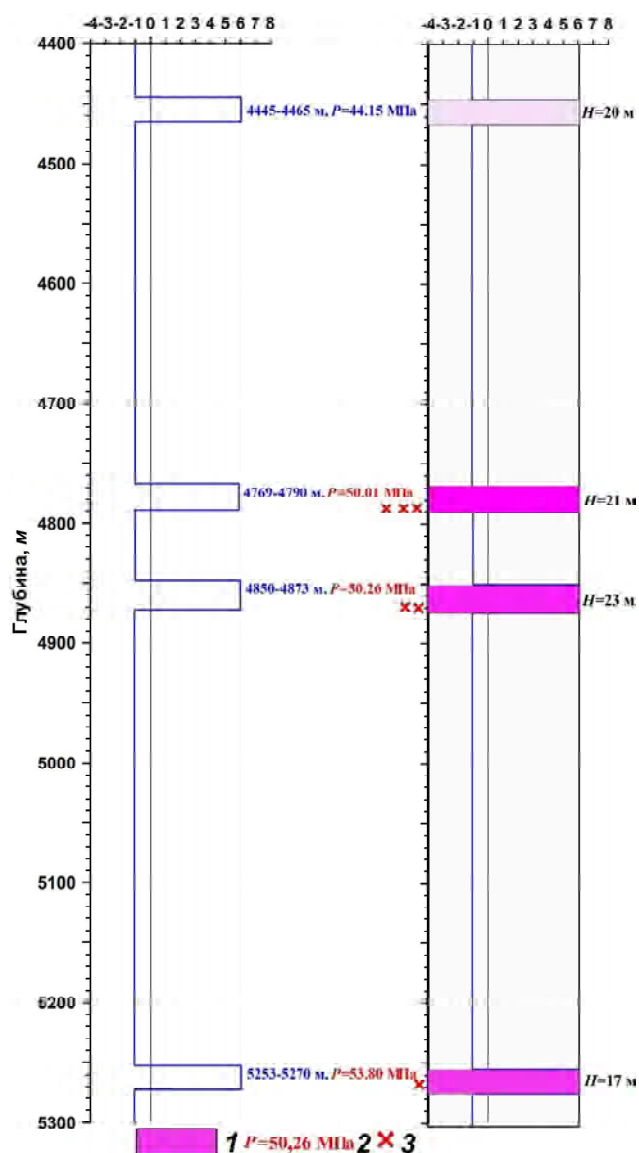


Рис. 2. Результаты вертикального частотно-резонансного сканирования данных ДЗЗ в районе поисковой скважины Беляевская-400 (Днепровско-Донецкая впадина): 1 – аномально поляризованный пласт (АПП) типа “газ”; 2 – значение комплексного параметра пластового давления в АПП; 3 – перспективные интервалы (пласты) поисков газа

для обнаружения газа интервалы: 1) 4445–4465 м (?); 2) 4769–4790 м; 3) 4850–4873 м; 4) 5253–5270 м (рис. 2).

3. По результатам дополнительной обработки данных ДЗЗ получены оценки значений пластовых давлений флюидов (газа) в коллекторах, МПа: 44,15; 50,01; 50,26; 53,80 (рис. 2).

На рис. 2 наиболее перспективные для поисков залежей газа интервалы отмечены красным цветом.

Согласно полученным результатам авторы констатировали следующее. Поскольку скв. Беляевская-400 не добурена до проектной глубины, а следовательно, и до наиболее перспективных на промышленные скопления газа горизонтов, открытие прогнозируемого газового месторождения в Украине откладывается на неопределенное время!

Обратим внимание еще на одно обстоятельство. В первой половине апреля 2014 г. по просьбе авторов оценку перспектив газоносности участка расположения скв. Беляевская-400 выполнили авторы технологии “Поиск” [11]. Вкратце результаты их исследований сводятся к следующему:

- 1) в районе расположения скв. Беляевская-400 фиксируется аномалия, характерная для относительно крупных традиционных газовых месторождений;
- 2) в обследованном районе возможно также наличие залежей газоконденсата;
- 3) оценка глубины залегания прогнозируемых продуктивных горизонтов составляет порядка 5400 м.

С создателями технологии “Поиск” [11] авторы сотрудничают с 2009 г. За это время выполнено много совместных проектов в различных регионах мира. Подтверждаемость результатов, полученных с использованием одного метода, результатами другого метода составляет 75 % и более.

В пределах Новомечбиловской структуры обнаружено и закартировано шесть аномальных зон типа “газовая и газоконденсатная залежь” разных размеров (по площади) и интенсивности (рис. 3). Две небольшие аномалии типа “газ” характеризуются невысокими значениями пластового давления – 7 МПа. В наиболее крупной по площади аномальной зоне максимальное значение пластового давления оценено в 55 МПа. Площадь аномалии по изолинии 0 МПа равна 57,2 км², 30 МПа – 31 км², 50 МПа – 16,0 км². В этой зоне могут быть получены промышленные притоки газа с глубины более 5000 м. На обследованной площади обнаружена еще одна аномальная зона (рис. 3) с максимальным значением пластового давления в 55 МПа. Однако площадь аномалии по изолинии 50 МПа – всего 0,8 км². В связи с этим для заложения скважины на глубинные горизонты (более 5000 м) целесообразно провести обработку данных ДЗЗ в более крупном масштабе.

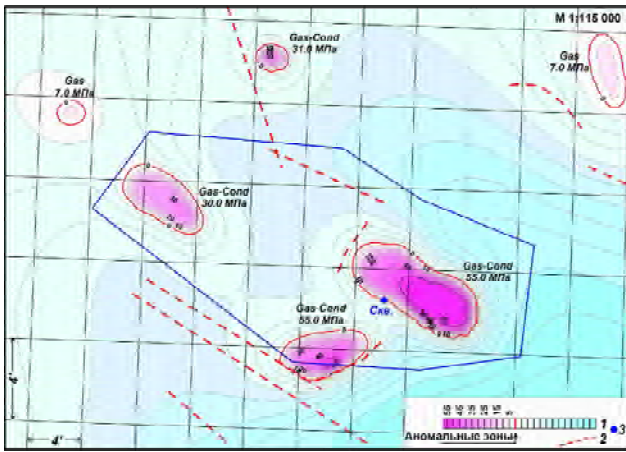


Рис. 3. Карта аномальных зон типа “газовая залежь” в районе бурения разведочной скважины Новомечевилловская-100 в Близнюковском р-не Харьковской обл. (по результатам частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ): 1 – шкала максимальных значений пластового давления, МПа; 2 – тектоническое нарушение; 3 – положение скв. Новомечевилловская-100

Северо-западнее двух крупных аномалий обнаружена аномальная зона с максимальным значением пластового давления 30 МПа; ее площадь по изолинии 0 МПа – 28,8 км², 30 МПа – 1,3 км². Отметим также, что северная аномалия с максимальным значением пластового давления в 31 МПа закартирована над известным Мирюлюбовским газоконденсатным месторождением. Ее площадь по изолинии 0 МПа – 5,66 км², 30 МПа – 0,35 км².

Общая площадь всех аномальных зон, обнаруженных в пределах участка обработки данных ДЗЗ, равна 136,48 км². Это составляет всего 5,99 % площади обследованного участка.

Обратим внимание на тот факт, что на рис. 3 показано приближенное положение площадки бурения скв. Новомечевилловская-100 (юго-западнее с. Алисовка), она нанесена на результативную карту уже после обработки данных ДЗЗ. Скважина попадает на нулевую изолинию самой крупной аномальной зоны (рис. 3). Следовательно, по результатам обработки данных ДЗЗ она расположена не в оптимальном месте и вероятность получения промышленных (коммерческих) притоков газа после завершения ее бурения практически очень низкая.

Глубина пробуренной скважины Новомечевилловская-100 равна 3667 м. Скважина признана сухой, коммерческих притоков газа в ней не получено. Прогноз авторов по результатам обработки данных ДЗЗ подтвержден бурением.

В результате обработки данных ДЗЗ на участке расположения Славянской структуры выявлены две аномальные зоны типа “газовая и газоконденсатная залежь” площадью 80 и 8,9 км² (рис. 4). В их пределах также установлены участки с относительно повышенными значениями пластового давления. По изолинии 50 МПа эти

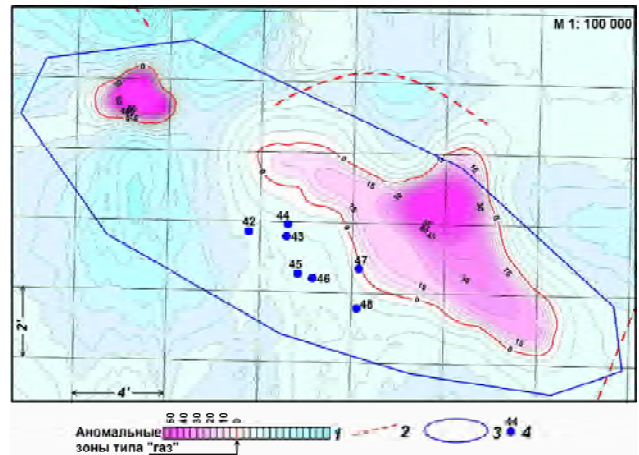


Рис. 4. Карта аномальных зон типа “газовая залежь” в районе расположения Славянской структурной зоны (по результатам частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ): 1 – шкала максимальных значений пластового давления, МПа; 2 – тектоническое нарушение; 3 – приближенный контур структурной зоны; 4 – пробуренная сухая скважина и ее номер

площади составляют 7,2 и 4,5 км² (рис. 4). По отношению к площади обследованного участка суммарные площади двух аномальных зон по изолиниям 0, 30 и 50 МПа составляют 13,27; 3,61 и 1,75 % соответственно.

На рис. 4 синими точками показано положение семи ранее пробуренных в пределах Славянской структуры скважин, в которых не получены промышленные притоки УВ. Эти скважины были нанесены на результативную карту значительно позже проведенных работ. Все эти скважины не попадают в контуры крупной аномальной зоны (рис. 4).

Известное газовое месторождение в ДДВ (Миргородский р-н, Полтавская обл). В 2011 г. авторы проводили комплексные (дистанционные и наземные полевые) исследования на известном (разбуренном) газоконденсатном месторождении в Полтавской обл. Закартированная над этим месторождением частотно-резонансным методом обработки данных ДЗЗ аномальная зона типа “залежь газа” по параметрам (линейным размерам и значениям комплексного параметра пластового давления) сходна с аномальной зоной, обнаруженной на участке бурения скв. Беляевская-400. В связи с этим приведем краткую информацию о результатах исследований на месторождении. С одной стороны, эти материалы можно использовать в качестве подтверждающих приведенные выше выводы авторов по участкам бурения скважин на газ в плотных песчаниках, с другой – в определенной степени они позволят заинтересованным специалистам сформировать более наглядно представление о той дополнительной информации, которую можно оперативно получить при использовании мобильных прямопоисковых методов и технологий.

Информация об обследованном месторождении приведена в работе [1]. В частности, в ней отмечается, что структура выявлена и подготовлена для бурения по отражающим горизонтам карбона. При испытании скв. 77 из горизонта В-21 (интервал 5542–5622 м) получен приток газа дебитом 46,2 тыс. м³ и конденсата – 3,0 т/сут через диафрагму 6 мм.

Структура по кровле горизонта В-21 является небольшой брахиантиклиналью северо-западного простирания. Ее размеры по изогипсе –5450 м 3,8×2,0 км. В пределах месторождения обнаружены скопления газоконденсата в горизонтах В-17, В-19 и В-21, однако промышленное значение имеют только залежи горизонтов В-17 и В-21, сводовые пластовые литологически ограниченные.

Глубина залегания кровли продуктивного горизонта В-17 – 5200 м, горизонта В-21 – 5540 м. Начальное пластовое давление в газоносном пласте В-17 – 54,13 МПа, в пласте В-21 – 58,63 МПа.

Дополнительные исследования на площади расположения месторождения проведены в 2011 г. в два этапа. На первом этапе выполнена оценка перспектив газоносности поискового участка по результатам частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ, на втором – детализация обнаруженных аномальных зон типа “залежь газа” наземными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ [21–24].

Результаты обработки данных ДЗЗ. Обработка и дешифрирование спутникового снимка участка работ проводились с использованием методики оценки максимальных значений пластового давления газа в коллекторах [20]. В результате на участке выделена и закартирована относительно крупная по площади аномальная зона типа “залежь газа” (рис. 5). Аномальная зона обнаружена также на восточной границе участка декодирования данных ДЗЗ и полностью не оконтурена. Третий небольшой фрагмент аномальной зоны обнаружен на южной границе участка обработки спутникового снимка. Закартированные аномалии нанесены на спутниковый снимок участка работ и структурные карты по основным отражающим горизонтам.

На рис. 5 изолиния со значением пластового давления 54 МПа очерчивает оптимальный участок для поисков газа в интервале глубин 5200–5800 м (залежи в горизонтах В-17 и В-21, начальное пластовое давление 54,13 и 58,63 МПа [1]). Площади закартированных аномальных зон следующие: Центральной по изолинии 0 МПа – 44,0 км², по изолинии 54 МПа – 4,3 км²; Восточной по изолинии 0 МПа – 9,8 км². Максимальные значения среднего пластового давления в районе Восточной аномалии – порядка 20 МПа (рис. 5). Это свидетельствует о том, что получить промышленные притоки УВ из интервала расположения горизонтов В-17 и В-21 нереально.

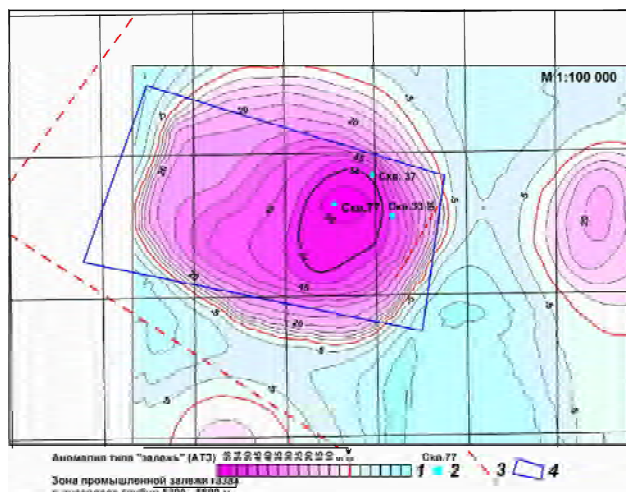


Рис. 5. Карта аномальных зон типа “газовая залежь” в районе известного газового месторождения (ДДВ, Полтавская обл.): 1 – шкала максимальных значений пластового давления, МПа; 2 – пробуренная скважина и ее номер; 3 – тектоническое нарушение; 4 – контур участка

Из рис. 5 следует, что продуктивная скв. 77 попадает практически в центр изолинии 58 МПа с максимальными значениями среднего давления в коллекторах газа. Непродуктивные скважины 33 и 37 расположены за изолинией пластового давления 54 МПа. Не исключено, что в этих скважинах не получены промышленные притоки газа вследствие относительно низких значений пластового давления (по сравнению с гидростатическим на глубинах расположения коллекторов). В работе [1] отмечается ухудшение коллекторских свойств продуктивных горизонтов в этих скважинах.

Результаты наземных геоэлектрических исследований. Наземная геоэлектрическая съемка проводилась на участках аномальных зон, выявленных по спутниковым данным, а также в пределах структур, выделенных по данным сейсморазведки. Обследование структур, над которыми отсутствовали спутниковые аномалии типа “залежь”, проводилось одиночными маршрутами СКИП рекогносцировочного характера. Выделенная по результатам обработки и дешифрирования данных ДЗЗ Восточная аномальная зона наземными работами не обследована (рис. 5, 6). Небольшой фрагмент аномальной зоны, обнаруженной на южной границе участка обработки спутниковых данных (см. рис. 5), обследован одиночным маршрутом съемки СКИП, с автомобиля, в основном, вдоль дорог, где можно было проехать.

Отметим, что за пределами аномальных зон типа “залежь” (АТЗ), закартированных по результатам дешифрирования данных ДЗЗ, наземной съемкой методом СКИП аномальные зоны не выявлены. К тому же, как и в большинстве случаев, площадь наземных геоэлектрических аномалий существенно уменьшилась по сравнению с анома-

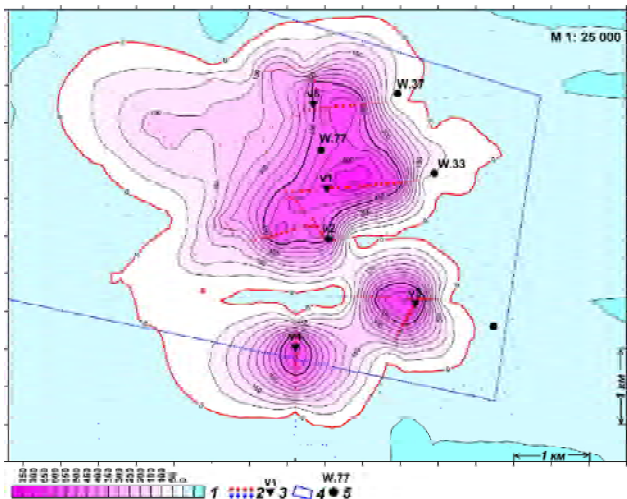


Рис. 6. Карта аномальной геоэлектрической зоны от газовой залежи в районе газового месторождения: 1 – шкала интенсивности поля СКИП (в единицах среднего пластового давления, атм (1 атм ≈ 0,1 МПа)); 2 – точки съемки СКИП; 3 – пункт ВЭРЗ; 4 – контур лицензионного участка; 5 – скважина и ее номер

лиями, выделенными по спутниковым данным (рис. 6).

На обследованной территории площадной съемкой СКИП выделены и закартированы три отдельные локальные аномальные зоны типа “скопление газа” (АТЗг) (рис. 6): Центральная – в районе скв. 77, Южная – на южной границе участка, Юго-Восточная. Последние две аномалии относительно небольшие по площади.

В контурах закартированных аномалий типа “залежь” изолинией со значением 45 МПа выделены наиболее перспективные участки для бурения добывающих скважин.

Площади аномальных зон в пределах участка по изолиниям 5 и 45 МПа следующие: 1) Центральная АТЗ – 10,1 и 1,97 км²; 2) Южная АТЗ – 2,25 и 0,16 км²; 2) Юго-Восточная АТЗ – 1,73 и 0,25 км².

Центральная АТЗ вытянута в меридиональном направлении. В ее пределах в юго-восточном направлении от скв. 77 зафиксирован максимум поля СКИП, в окрестности которого может быть пробурена добывающая скважина. В контуре аномальной зоны выполнено вертикальное зондирование в пунктах 1, 2 и 5 (рис. 6).

Южная АТЗ зафиксирована на южной границе участка вдоль одного маршрута съемки СКИП (рис. 6). В пределах аномалии имеется зона с повышенными значениями пластового давления, в которой выполнено вертикальное зондирование в пункте 4. Зона перспективна для бурения скважины.

Юго-Восточная АТЗ расположена в юго-восточной части участка (рис. 6) и зафиксирована двумя маршрутами съемки СКИП. В пределах аномалии также имеется зона с повышенными

значениями пластового давления, в которой проведено вертикальное зондирование в пункте 3. Зона перспективна для бурения скважины.

Геоэлектрические аномальные зоны нанесены также на структурные карты участка обследования. Их анализ показывает, что Центральная АТЗ обусловлена скоплениями УВ в структурной ловушке, обнаруженной сейсмическими исследованиями. Южная и Юго-Восточная АТЗ расположены недалеко от тектонических нарушений. Они могут быть обусловлены скоплениями УВ в тектонически экранированных или литологических ловушках.

Вертикальное электрорезонансное зондирование проводилось в пределах закартированных геоэлектрических аномальных зон повышенной интенсивности в 5 пунктах (рис. 6, 7). Возле продуктивной скв. 77 зондирование провести не удалось ввиду очень густых посевов кукурузы.

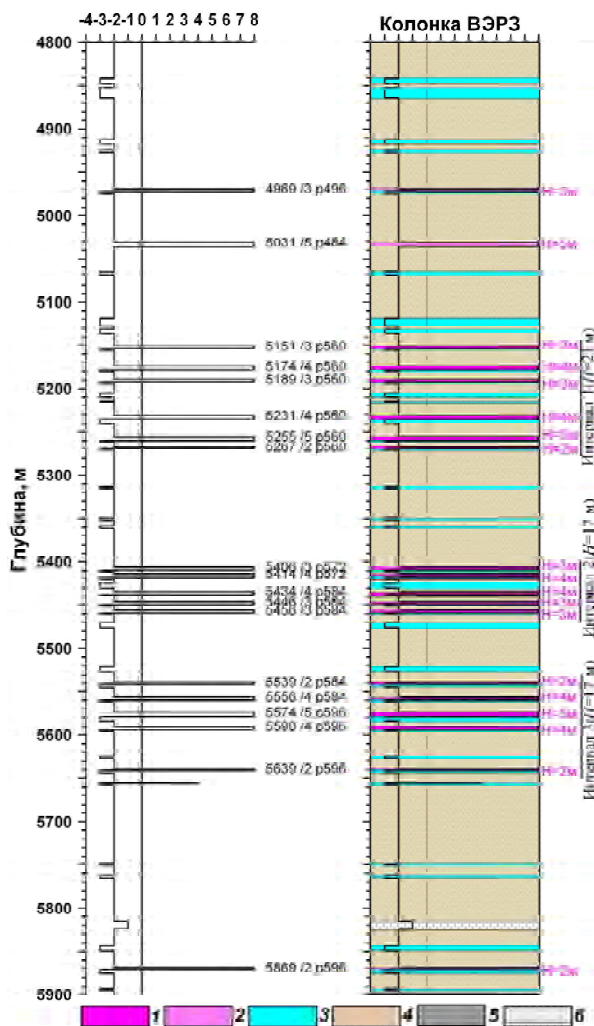


Рис. 7. Результаты зондирования ВЭРЗ в пункте VI. Аномально поляризованный пласт типа: 1 – “газ”, 2 – “газ с небольшим пластовым давлением”, 3 – “вода”, 4 – “аргиллит-алевролит”, 5 – “песчаник” (коллектор газа и воды), 6 – “известняк”; 5869/2 p596 – глубина залегания АПП типа “газ”, м, его мощность, м, значение пластового давления, атм (1 атм ≈ 0,1 МПа) соответственно

Первый пункт зондирования VI размещен в западной части участка максимальных значений пластового давления. Детальное зондирование в этом пункте было проведено в интервале глубин 4800–6500 м (рис. 7). В разрезе выявлены три основных интервала повышенного газонасыщения: 5140–5280; 5400–5470; 5520–5660 м. Эти интервалы наиболее перспективны для поисков залежей газа. Зондированием определены отдельные аномально поляризованные пласты (АПП) типа “газ”. Кроме того, два отдельных АПП типа “газ” зафиксированы выше первого интервала газонасыщения на глубинах 4969 и 5031 м и еще один АПП типа “газ” – ниже третьего интервала газонасыщения на глубине 5869 м. Кроме того, на глубине 5815 м зафиксирован маркирующий горизонт, который четко прослеживается на всех пунктах зондирования (рис. 8).

Установленные в пункте зондирования VI интервалы повышенного газонасыщения прослежены на всех остальных пунктах. Для каждого пункта зондирования подсчитаны суммарные мощности АПП типа “газ”. По этим данным построена схематическая карта мощностей АПП типа “газ”.

По результатам зондирования построены вертикальные диаграммы и колонки распределения АПП типа “газ” (АППг), “вода” (см. рис. 7). Вдоль двух отдельных профилей через аномаль-

ные зоны построены вертикальные геоэлектрические разрезы (см. рис. 8).

Данные о наиболее оптимальных поисковых интервалах в пределах аномальных зон в отдельных точках зондирования показаны на рис. 7, 8.

Вертикальный профиль 1–1а (рис. 8) характеризуется меридиональным простиранием. На нем четко прослеживаются антиклинальная ловушка в районе Центральной АТЗ и тектоническое нарушение (резкий подъем стратиграфических комплексов) в районе Южной АТЗ.

Необходимо отметить, что примерно в 20 км от обследованного месторождения расположено Комышнянское газоконденсатное месторождение (ГКМ), результаты бурения скважин в отдельных блоках которого анализируются в статье [26]. В ней, в частности, отмечается, что в скв. 23 установлена промышленная газонасыщенность горизонта В-22 низ. Во время испытания интервала 6059–6057 м получен приток газа дебитом 338 тыс. м³/сут. Продуктивный горизонт представлен в скважине уплотненными нефтегазонасыщенными песчаниками пористостью 8 % и эффективной мощностью 1,6 м. В статье предполагается, что коллекторы продуктивного горизонта могут иметь существенную трещинную составляющую проницаемости, которая и обеспечивает хорошие фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) и высокий дебит газа.

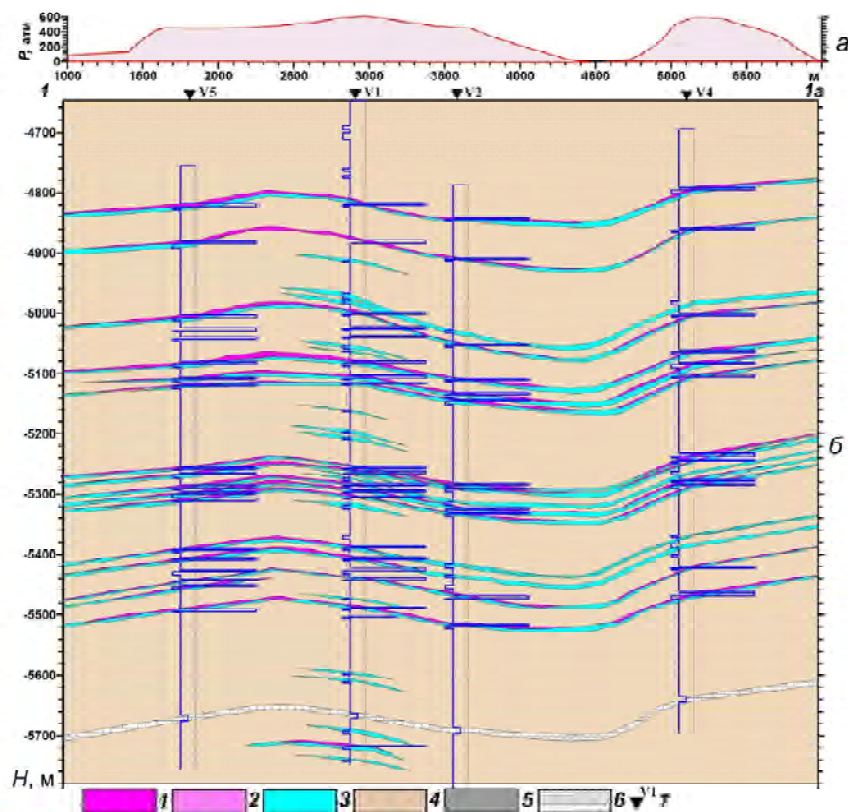


Рис. 8. Геолого-геофизический разрез по линии 1–1а, по данным электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) на участке известного газового месторождения: а – график среднего пластового давления по данным СКИП; б – вертикальный разрез по данным ВЭРЗ; аномально поляризованный пласт типа: 1 – “газ”, 2 – “газ с небольшим пластовым давлением”, 3 – “вода”, 4 – “аргиллит-алевролит”, 5 – песчаник (коллектор газа и воды); 6 – известняк; 7 – пункт ВЭРЗ и его номер

В связи с изложенным можно также предположить, что обнаруженный зондированием в пункте VI на глубине 5869 м АПП типа “газ” мощностью 2 м может также дать промышленные притоки газа.

Оценив результаты исследований с использованием мобильных прямопоисковых методов на известном газоконденсатном месторождении, можно вполне обоснованно утверждать, что принципиально возможно обнаружение промышленных (коммерческих) скоплений газа на участках пробуренных скважин Беляевская-400 и Новомечибиловская-100, а также в контурах обнаруженных аномальных зон на площади Славянской структуры. Вместе с тем эти же результаты указывают на целесообразность проведения наземных детализационных работ геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ в пределах закартированных по данным обработки спутниковых снимков аномальных зон с целью выбора наиболее оптимальных мест для заложения поисковых и эксплуатационных скважин и определения (оценки) глубин залегания и мощностей прогнозируемых продуктивных горизонтов.

Поисковая площадь Захатсор. В 2014 г. на лицензионной площади Захатсор (Джанибекский р-н, Западно-Казахстанская обл., Республика Казахстан) пробурены две скважины – пара-

метрическая и поисково-оценочная. Скважины заложены по результатам проведенных в 2013 г. сейсмических 2D и гравиметрических работ. Карта-схема сейсмических профилей 2D в пределах поисковой площади (примерно 30×30 км) с нанесенным контуром локального участка бурения скважин представлена на рис. 9.

В декабре 2013 г. авторы выполнили частотно-резонансную обработку и интерпретацию спутникового снимка локального участка, результаты которых позволили оценить перспективы получения коммерческих притоков УВ в проектных скважинах. Эти материалы для авторов представляли значительный интерес, так как в очень скором времени должны быть заверены бурением.

Площадь обследованного участка расположения проектных скважин – 77,5, обработанного снимка – 236,0 км² (рис. 9, 10). Масштаб обработки – 1 : 50 000, классифицируется как рекогносцировочный. Обработка данных ДЗЗ проведена с использованием среднестатистических значений резонансных частот нефти, газа и газоконденсата без их дополнительного уточнения (подбора) на продуктивных скважинах, расположенных на участке обследования или же в непосредственной близости от него.

В пределах обследованной площади обнаружено и закартировано шесть аномальных зон

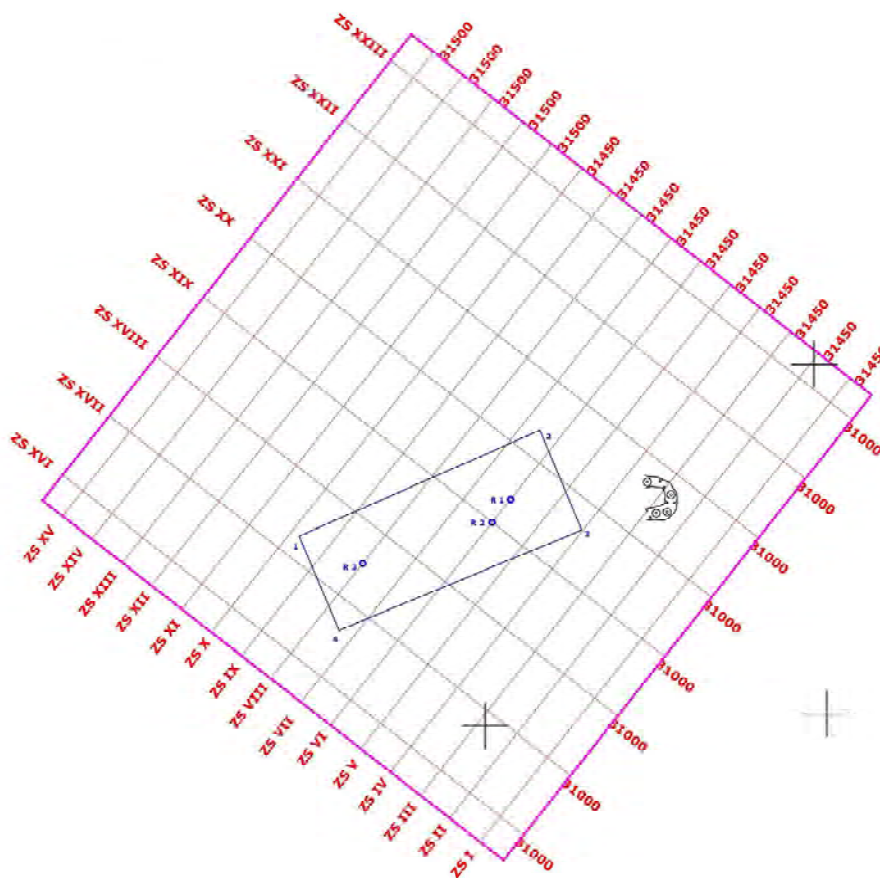


Рис. 9. Положение участка обследования и проектных скважин 1–3 на лицензионной площади Захатсор, Республика Казахстан

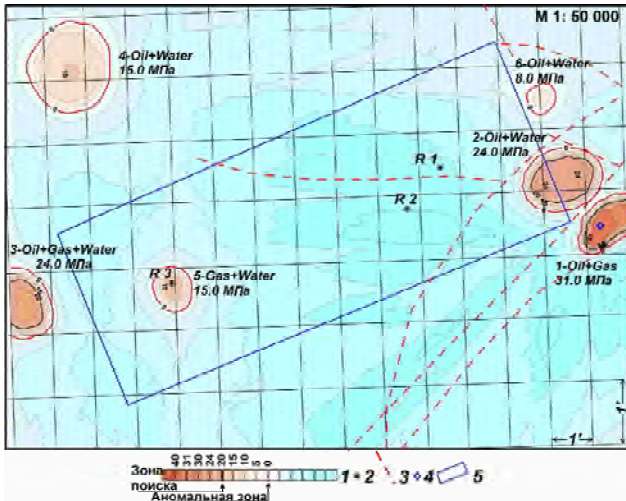


Рис. 10. Карта аномальных зон типа “залежь УВ” на участке обследования в пределах лицензионной площади Захатсор (по результатам частотно-резонансного анализа спутниковых данных), Республика Казахстан: 1 – шкала значений комплексного параметра пластового давления, МПа; 2 – положение проектных скважин; 3 – тектоническое нарушение по результатам обработки спутниковых данных; 4 – центральная часть аномальной зоны 1-Oil+Gas; 5 – контур поискового участка

типа “залежь УВ” (рис. 10): 1) 1-Oil+Gas, максимальное значение пластового давления в коллекторах 31 МПа, площадь по изолинии 0 МПа – 2,0 км², 20 МПа – 1,27 км²; 2) 2-Oil+Water, 24 МПа, 0 МПа – 3,45 км²; 20 МПа – 1,86 км²; 3) 3-Oil+Gas+Water, 24 МПа, 0 МПа – 2,10 км², 20 МПа – 1,12 км²; 4) 4-Oil+Water, 15 МПа, 0 МПа – 4,98 км², 20 МПа – 0; 5) 5-Gas+Water, 15 МПа, 0 МПа – 1,15 км², 20 МПа – 0; 6) 6-Oil+Water, 8 МПа, 0 МПа – 0,6 км²; 20 МПа – 0. Общая площадь всех аномалий 14,28 км², что составляет 6,05 % площади участка (236 км²). По результатам обработки сформулированы такие выводы.

1. Наиболее перспективной зоной для заложения скважины является аномалия 1. Продуктивные коллекторы могут быть обнаружены в интервале глубин до 3100 м.
2. Аномальные зоны 2 и 3 также могут представлять практический интерес и заслуживают более детального изучения.
3. Аномальные зоны 4–6 на данном этапе изучения лицензионной площади не представляют практического интереса для детального изучения.
4. Оценив полученные результаты обработки в целом, можно утверждать, что проектные скважины 1–3 (рис. 9, 10) расположены в неоптимальных местах. Вероятность подтверждения этого прогноза – свыше 50 %.
5. Учитывая наличие АТЗ “залежь УВ” за пределами локального участка обследования (рис. 10), можно говорить о высокой вероятности обнаружения перспективных зон (объектов) и в пределах необследованной части площади Захатсор.

6. Бурить скважины глубиной 3000 м в пределах аномальных зон 4 и 5 нецелесообразно.

В январе 2015 г. в информационном сообщении на сайте [9] процесс и результаты бурения скважин были представлены в следующем виде: “На участке Захатсор бурение скважины R-2 начато 09.04.2014 г. Фактическая пробуренная глубина скважины R-2 составляет 3025 м. 09.11.2014 г. в связи с прихватом бурового инструмента на глубине 1650 м в скважине начато бурение второго ствола с глубины 1945 м; по состоянию на 10.12.2014 г. глубина бурения второго ствола скважины R-2 составляет 2796 м. Бурение скважины продолжается.

Бурение скважины R-3 начато 21.06.2014 г., закончено 11.10.14 г. при фактической глубине 2000 м. 17.10.2014 г. начато и 06.11.2014 г. закончено испытание 2 объектов в интервалах: 1844,4–1849,2 м, 1833,1–1835,8 м; 1860–1756 м; в связи с получением в интервалах испытания притоков пластовой воды 11.11.2014 г. скважина ликвидирована по геологическим причинам, как выполнявшая свое назначение”.

К сожалению, для компании-оператора участка Захатсор, результаты бурения в целом подтвердили предварительные выводы авторов о неоптимальном заложении скважин по результатам проведенных сейсмических и гравиметрических работ.

Целесообразно также отметить, что результаты обследования локального участка (236 км²) поисковой площади Захатсор (свыше 900 км², см. рис. 9) дают основание утверждать, что вопрос о проведении дальнейших поисковых работ и бурения может быть наиболее обоснованно и взвешенно решен по результатам обработки данных ДЗЗ (рекогносцировочной и детальной) в пределах всей площади.

Поисковый блок на шельфе Тринидада и Тобаго. Исследования в пределах лицензионного блока проведены в марте 2012 г. с целью демонстрации потенциальных возможностей мобильной и оперативной технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ при проведении поисковых работ на нефть и газ на шельфе. В то же время на этой площади выполнены сейсмические исследования 3D, а также аэрогравиметрические исследования.

В качестве исходной информации использовались только координаты участка проведения сейсмических работ.

Результаты обработки. Общая площадь спутникового снимка 2940 км², площадь проведения сейсмических работ 1200 км² (рис. 11). В пределах площади проведения сейсмических работ обнаружено и закартировано две аномальные зоны типа “залежь нефти” и три – “залежь газа” (рис. 11). Площади обнаруженных аномалий по изолиниям

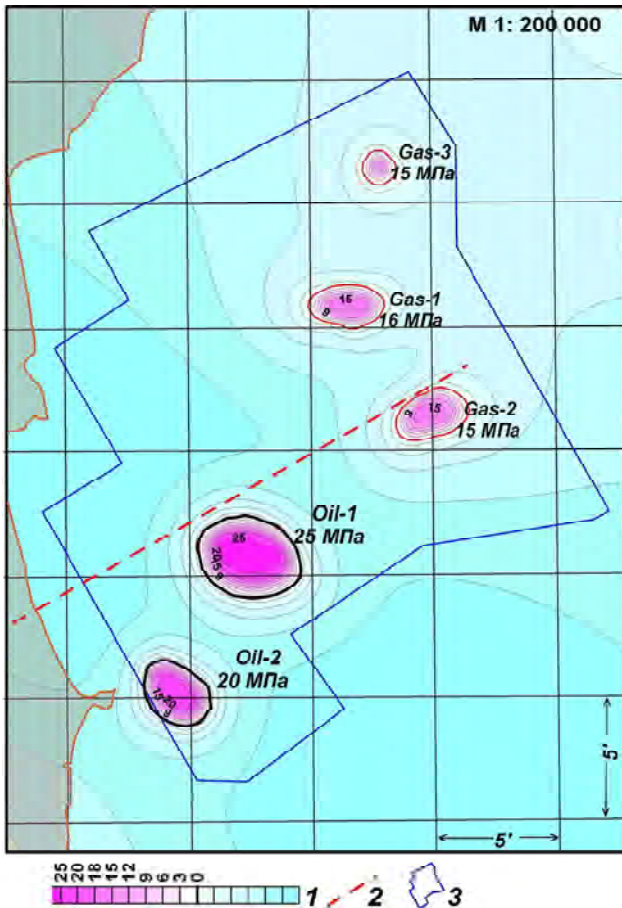


Рис. 11. Карта аномальных зон типа “нефтегазовая залежь” в районе расположения поисковой площади на шельфе Тринидад и Тобаго (по результатам обработки и дешифрирования данных ДЗЗ): 1 – шкала интенсивности аномального отклика (в максимальных значениях пластового давления, МПа); 2 – тектонические нарушения (по результатам обработки данных ДЗЗ); 3 – контур поисковой площади

0 и 15 МПа следующие, км²: Gas-1 – 14,2; 2,4; Gas-2 – 15,5; 1,9; Gas-3 – 5,2; 0,34; Oil-1 – 38,3; 18,0; Oil-2 – 17,4; 7,1. Суммарная площадь всех аномалий по этим же изолиниям равна 90,6 и 29,74 км², что к площади проведения 3D сейсмических работ составляет 7,55 и 2,48 %.

К приведенным результатам добавим следующее:

- при обработке данных ДЗЗ участки спутникового снимка, расположенные за пределами контура сейсмических исследований, не анализировались;
- результаты обработки были переданы специалисту-геофизику, который принимал непосредственное участие в проведении сейсмических работ;
- есть основания предполагать, что результаты обработки данных ДЗЗ не были переданы компании-оператору участка вместе с сейсмическими материалами и скорее всего оставлены без внимания, как это следует из результатов последующего бурения!

Сопоставление с результатами бурения. Авторы снова обратили внимание на полученные на шельфе Тринидад и Тобаго результаты только в 2015 г. Это было связано с получением в феврале текущего года информации о результатах бурения трех сухих скважин в пределах поискового участка компанией-оператором. Вследствие таких результатов бурения компания-оператор блока отказалась от дальнейшего освоения его ресурсов.

В окончательном отчете компании-оператора блока приведена карта-схема с положением пробуренных в пределах поискового блока скважин (в том числе трех скважин компании). Обнаруженные и закартированные в 2012 г. аномальные зоны нанесены на карту-схему (рис. 12).

Компания-оператор в пределах поискового блока пробурила сухие скважины Stalin-1, Shadow-1 и Maestro-1. Ни одна из них не попала в контуры обнаруженных аномальных зон.

Кроме того, из рис. 12 следует, что в пределах блока ранее было пробурено несколько скважин. В них также не получены промышленные притоки. В контуры обнаруженных аномалий скважи-

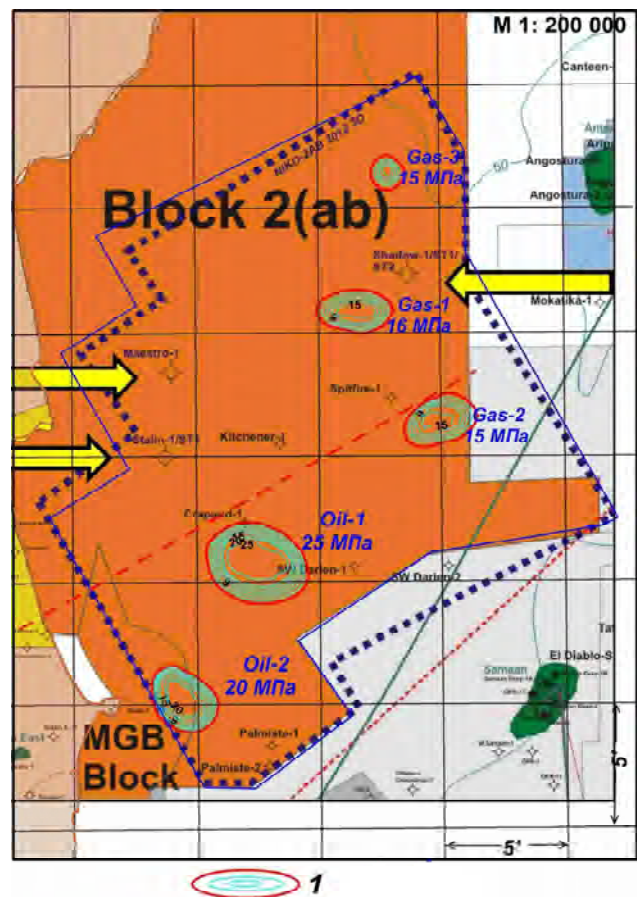


Рис. 12. Карта аномальных зон типа “нефтегазовая залежь” в районе расположения поисковой площади на шельфе Тринидад и Тобаго на карте-схеме положения блока Block 2(ab) (по результатам обработки и дешифрирования данных ДЗЗ): 1 – изолинии интенсивности аномального отклика (в максимальных значениях пластового давления, МПа). Остальные условные обозначения см. на рис. 11

ны тоже не попали. Более детальная информация о пробуренных скважинах приведена в окончательном отчете компании-оператора.

К изложенному выше добавим следующие комментарии.

1. К сожалению, в 2012 г. авторы не имели информации о положении пробуренных и проектных скважин, поэтому не был сделан прогноз о перспективах получения в них притоков УВ. Тем не менее в данной ситуации все же можно считать, что бурением трех скважин подтвержден прогноз об их неоптимальном расположении в пределах блока.
2. При выборе мест заложения скважин не принимались во внимание результаты обработки данных ДЗЗ. Нельзя исключить и такой вариант, что при совместном анализе сейсмических материалов и результатов обработки данных ДЗЗ в пределах закартированных аномалий могли быть обнаружены перспективные объекты по сейсмическим данным.
3. Поскольку поисковые работы в пределах лицензионного участка будут продолжены (другой компанией-оператором), сейсмические материалы в пределах обнаруженных аномалий целесообразно проанализировать повторно (и, возможно, переинтерпретировать).
4. Выше уже отмечалось что кроме координат контура проведения сейсмических исследований не использовались другие геолого-геофизические материалы блока при обработке данных ДЗЗ. Из рис. 12 следует, что в рамки подготовленного для обработки снимка попадают два известных месторождения. Вполне понятно, что для этих месторождений можно уточнить (подобрать более точно) характерные резонансные частоты УВ. Такая процедура калибровки резонансных частот искомого вещества дает возможность увеличить информативность и достоверность результатов обработки.

Шельф Южно-Африканской Республики. Во второй половине ноября 2014 г. авторы провели исследования демонстрационного характера с использованием частотно-резонансного метода обработки и декодирования данных ДЗЗ на газовом месторождении F-O, расположенном на южном шельфе ЮАР. Это месторождение находится на этапе (стадии) промышленного освоения. На месторождении ведется бурение скважин (две уже пробурены) с горизонтальным окончанием ствола.

Результаты выполненных исследований представлены в статье [19]. В частности, в пределах обследованной площади на резонансных частотах газа обнаружено и закартировано 13 аномальных зон типа “Gas”: 7 – в пределах блока F-O, 4 – вне его пределов. Обнаруженные аномальные зоны нанесены на спутниковый снимок вместе с

положением пробуренных и проектных скважин, а также на детальную структурную карту района работ [19].

Отметим, что спутниковый снимок месторождения обработан в масштабе 1 : 80 000. С учетом небольших размеров обнаруженных аномалий можно считать, что этот масштаб мелкий. Для данного района на рекогносцировочной стадии (этапе) исследований обработку данных ДЗЗ целесообразно проводить в масштабах 1 : 25 000 – 1 : 30 000.

Оказалось, что проектная скважина FO-12 находится за пределами ближайшей закартированной аномальной зоны (рис. 13). После анализа всей имеющейся информации (сейсмических материалов, результатов бурения и положения обнаруженных аномальных зон) специалисты компании-оператора месторождения приняли решение перенести точку бурения скважины в контуры обнаруженной аномальной зоны типа “Gas” (рис. 13).

В своих выводах по результатам обработки данных ДЗЗ авторы не рекомендуют закладывать (или корректировать) точки бурения скважин по материалам обработки спутниковых снимков в мелком масштабе. Не рекомендовалось это делать и на месторождении F-O.

Однако положение скважины FO-12 было перенесено. В связи с этим для оценки правильности (приемлемости) переноса было принято решение о дополнительной обработке снимка локального участка расположения скважины в более крупном масштабе – 1 : 15 000 (рис. 14). В контурах обнаруженной ранее аномальной зоны выделены небольшие локальные участки с повышенными значениями пластового давления флюидов в коллекторах. Такого рода участки (зоны) наиболее перспективны для заложения скважин. И как раз такой участок при переносе положения скважины FO-12 был “пропущен” (рис. 14).

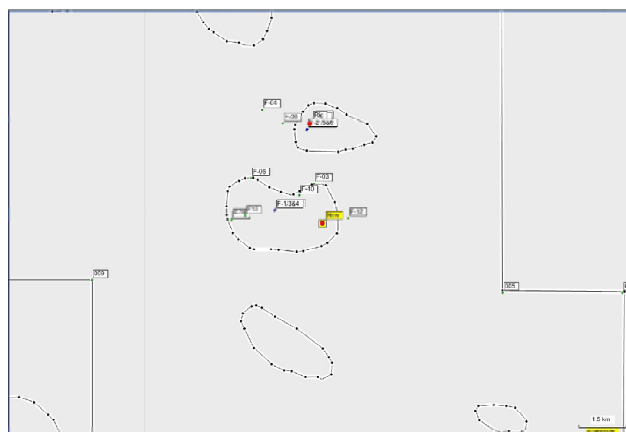


Рис. 13. Новое положение проектной скважины FO-12. Скважина перенесена в контуры обнаруженной аномальной зоны

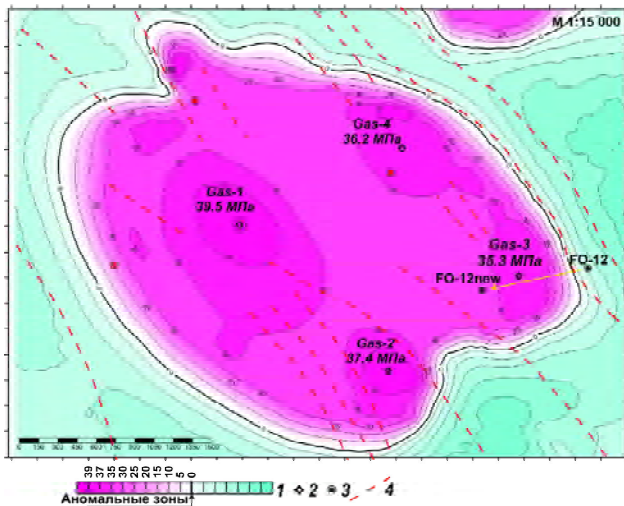


Рис. 14. Карта геоэлектрических аномальных зон типа "Gas" на шельфе ЮАР в районе скважины FO-12 (по данным частотно-резонансного анализа спутникового снимка): 1 – шкала комплексного параметра максимального значения пластового давления Q , МПа; 2 – центральная часть аномальной зоны; 3 – точка расположения скважины FO-12; 4 – тектоническое нарушение

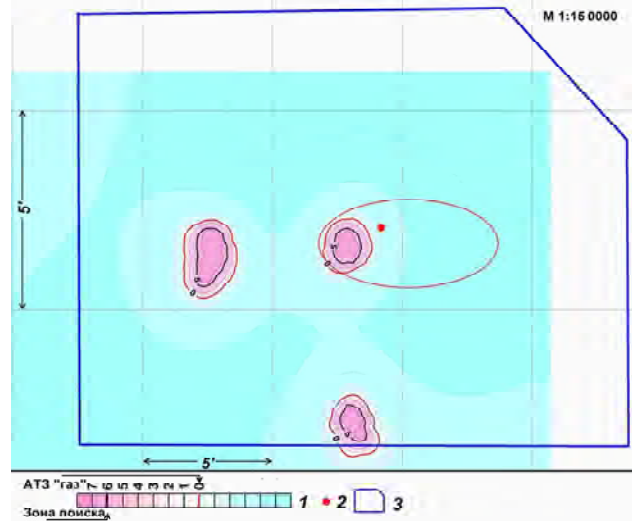


Рис. 15. Карта аномальных зон типа "залежь газа" в пределах Оболонской лицензионной площади (по результатам обработки данных ДЗЗ масштаба 1 : 150 000), Украина: 1 – шкала интенсивности аномального отклика (в максимальных значениях пластового давления, МПа); 2 – одна из проектных скважин; 3 – контур лицензионной площади

Оболонская структура (ДВ). В статье [14, с. 1129] приводятся результаты оценки перспектив нефтегазоносности Оболонской структуры (астроблемы) по результатам обработки данных ДЗЗ, выполненной на площади ее расположения в связи с планируемым бурением разведочной скважины. В пределах площади обнаружены три небольшие аномальные зоны типа "залежь газа" (западная, южная и восточная, рис. 15) с невысокими значениями оценок пластового давления (до 6 МПа). Такие оценки пластового давления свидетельствуют о том, что получить промышленные притоки газа с больших глубин (свыше 600–650 м) практически нереально. В пределах восточной аномалии выполнена оценка глубин залегания АПП типа "газ". Получены следующие значения для отдельных АПП, м: 487–507; 510–525; 560–575 м. В интервале 2000–2035 м выявлена также ослабленная (нарушенная) зона гранитоидов, которая может быть обводненной.

В целом, результаты обработки данных ДЗЗ в пределах Оболонской структуры позволяют утверждать, что вероятность получения промышленных притоков газа из глубинных горизонтов в пределах Оболонской лицензионной площади очень низкая. Материалы обработки спутниковых данных фрагмента шельфа Вьетнама, также представленные в статье [14, с. 1128], существенно усиливают этот вывод.

Отметим, что в пределах Оболонской структуры [28, с. 189; 29] "был проведен расширенный комплекс геофизических исследований, включающий 3D сейсморазведочные работы, детальные гравиметрические и магнитометрические работы, геохимические, эманационные и термометриче-

ские измерения [3]. В результате совместной инверсии всего комплекса геофизических данных была создана 3D интегральная геолого-геофизическая модель Оболонской астроблемы в категории "плотности пород".

Результативная комплексная модель (рис. 16) [28, с. 190; 29, с. 66] показывает, "что в пределах территории Оболонской астроблемы прослеживаются пять участков концентрации объектов с улучшенными коллекторскими свойствами, приуроченных к образованиям верхней части фундамента, коптогенного комплекса и к байосским отложениям. Наиболее перспективный участок расположен в юго-западной части Оболонского кратера, где расположена проектная скважина П-1 (рис. 16)" [28, с. 191].

Приведенная в публикациях [28, с. 190; 29, с. 66] интегральная модель дает возможность ее сопоставления с результатами обработки данных ДЗЗ. На рис. 16 обнаруженные и закартированные аномальные зоны западная (АТЗ-1), южная (АТЗ-2) и восточная (АТЗ-3) показаны на карте-схеме положения нефтеперспективных объектов в пределах Оболонской площади, построенной по результатам интегральной интерпретации комплекса геолого-геофизических данных [28, 29]. Только две аномальные зоны, АТЗ-1 и АТЗ-2, частично совпадают с контурами участков, выделенных как перспективные по результатам интерпретации комплекса геолого-геофизических данных.

Тем не менее результаты обработки данных ДЗЗ в пределах Оболонской структуры являются дополнительной и независимой информацией, которая может быть использована при решении вопроса о целесообразности бурения поисковой сква-

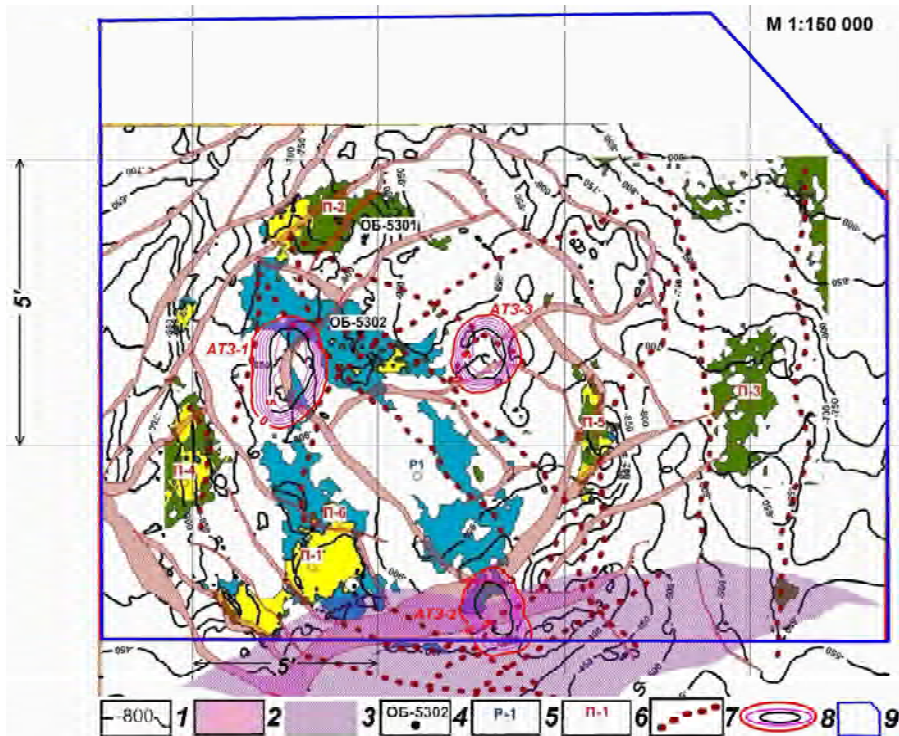


Рис. 16. Аномальные зоны типа “залежь газа”, обнаруженные по результатам обработки данных ДЗЗ масштаба 1 : 150 000, на карте-схеме расположения нефтеперспективных объектов в пределах Оболонской площади, построенной по результатам интегральной интерпретации комплекса геолого-геофизических данных [28, 29], Украина: 1 – изогипсы поверхности фундамента, м; 2 – тектонические нарушения в пределах фундамента по данным 3D сейсморазведки; 3 – прогнозная зона наиболее интенсивных тектонических деформаций; 4 – глубокая скважина, пробуренная в пределах Оболонской астроблемы, и ее номер; 5 – положение скважины, рекомендуемое по результатам 3D сейсморазведки; 6 – положение скважины (номер – в порядке очередности), рекомендуемое по результатам комплексной интерпретации геолого-геофизических и геохимических данных; 7 – гравитационные линеаменты; 8 – изолинии интенсивности аномального отклика (в максимальных значениях пластового давления, МПа); 9 – контур лицензионной площади. Участки, перспективные в нефтегазовом отношении, в порядке очередности: первоочередные – желтый цвет, высокоперспективные – зеленый, перспективные – голубой

жины в пределах структуры, а также о глубине такой скважины.

Наземные геоэлектрические исследования методами СКИП и ВЭРЗ на трех поисковых участках в пределах Украинского щита показали, что обнаруженные и закартированные аномальные зоны могут быть также заверены и детализированы наземными методами. При этом если учесть, что результаты наземных детализационных работ достаточно хорошо коррелируются с материалами обработки данных ДЗЗ, то подтверждается невысокая вероятность обнаружения промышленных скоплений УВ в разрезе фундамента Оболонской структуры. В пользу указанного свидетельствуют также следующие материалы.

Ранее на площади, которая примыкает к обследованному участку с севера (рис. 15, 16), непосредственно наземным геоэлектрическим методом СКИП была обнаружена и закартирована аномалия типа “залежь” (рис. 17). В ее пределах работами ВЭРЗ в точке VI в интервале до 2500 м было выделено 9 АПП типа “газ” суммарной мощностью 63 м (рис. 18). По результатам зондирования, фундамент расположен здесь на глубинах порядка 2200 м.

Позже по результатам обработки данных ДЗЗ участка расположения геоэлектрической аномалии в ее пределах были оценены максимальные значения пластового давления в коллекторах (рис. 19). Максимальное значение оценки давления в 14 МПа позволяет констатировать, что из двух АПП типа “газ” на глубинах 1300–1400 м могут

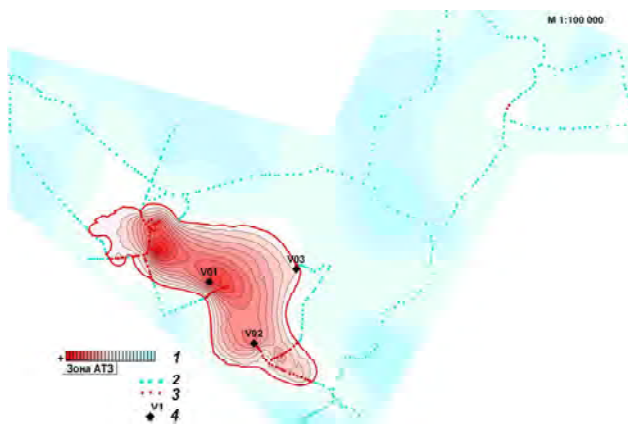


Рис. 17. Карта геоэлектрических аномалий типа “залежь” (АТЗ) на нефтегазоперспективном участке “Гамма” (ДДВ, Полтавская обл., 2006 г.): 1 – шкала интенсивности поля СКИП; 2 – точки съемки СКИП (отсутствие АТЗ); 3 – точки съемки СКИП (в пределах АТЗ); 4 – пункт ВЭРЗ

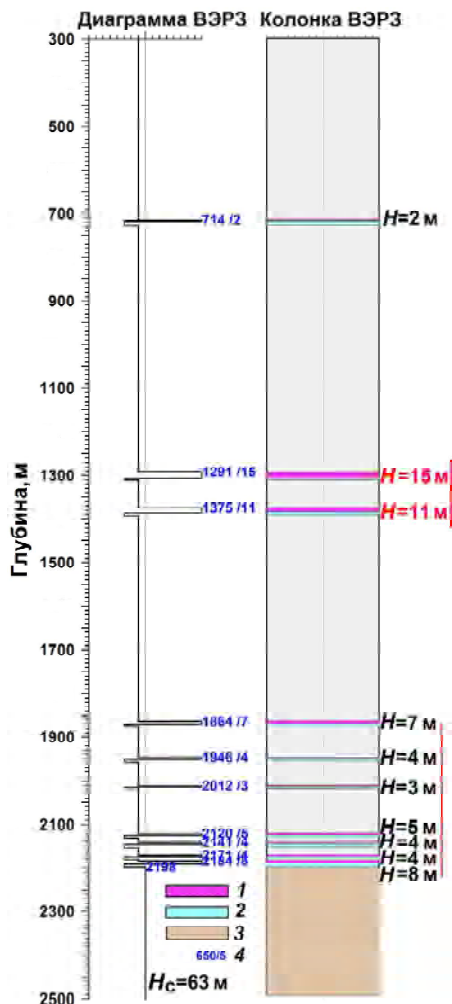


Рис. 18. Результаты зондирования ВЭРЗ в пункте VI на нефтегазоперспективном участке “Гамма” (ДДВ, Полтавская обл., 2006 г.). Аномально поляризованные пласты типа: 1 – газонасыщенный пласт, 2 – водонасыщенный пласт; 3 – кристаллический фундамент; 4 – глубина залегания пласта, м/мощность пласта, м

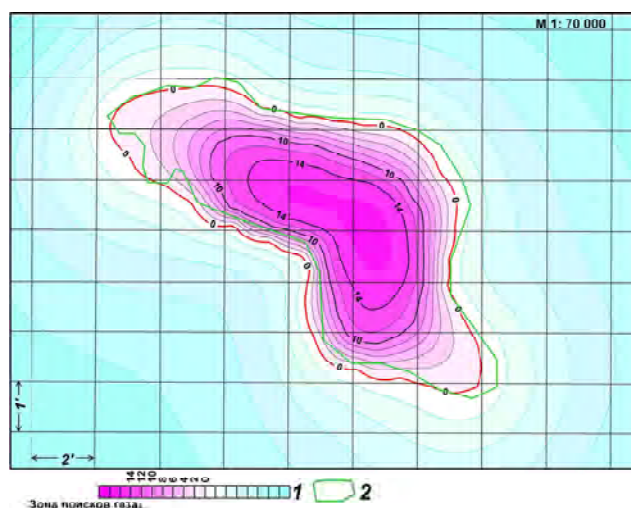


Рис. 19. Карта аномальных зон типа “газовая залежь” на нефтегазоперспективном участке “Гамма”, построенная по результатам обработки и дешифрирования данных ДЗЗ (ДДВ, Полтавская обл., 2011 г.): 1 – шкала максимальных значений пластового давления газа, МПа; 2 – контур АТЗ по данным СКИП (см. рис. 17)

быть получены промышленные притоки флюидов. В интервале глубин 1850–2200 м в силу пластового давления ниже гидростатического получение промышленных притоков газа из АПП без привлечения специальных технологий проблематично.

Приведенные на рис. 17–19 материалы дают основание заключить, что аномальные зоны с высокими значениями пластового давления в коллекторах в пределах Оболонской структуры также могли быть обнаружены и закартированы при их наличии. Таким образом, вероятность обнаружения промышленных скоплений УВ на площади расположения Оболонской структуры в глубинных горизонтах разреза (кристаллическом фундаменте) низкая.

Поисковый участок на юге Англии (бассейн Weald). В мае 2015 г. проведена обработка спутникового снимка (масштаб 1 : 50 000, общая площадь снимка 180 км²) поискового участка PEDL 137, расположенного в бассейне Weald на юге Англии. В конце 2014 г. в пределах участка была пробурена поисковая скважина Horse Hill-1 (НН-1), которая стала открывательницей относительно крупного нефтяного месторождения. Проведена обработка снимка с целью дополнительной демонстрации потенциальных возможностей мобильной прямопоисковой технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ как при поисках промышленных скоплений УВ, так и при оценке ресурсов нефти и газа на участках обнаруженных месторождений. В пределах обследованной площади обнаружено 10 аномальных зон типа “залежь нефти” (рис. 20). Площади закартированных аномалий по изолиниям 0 и 10 МПа следующие, км²: 1) 2,47; 0,92; 2) 0,68; 0,16; 3) 0,62; 0,16; 4) 2,50; 1,33; 5) 1,42; 0,81; 6) 1,36; 0,62; 7) 1,29; 0,67; 8) 1,85; 0,98; 9) 1,03; 0,45; 10) 1,84; 1,00. Общая площадь всех аномальных зон по изолиниям 0 и 10 МПа равна 15,06 и 7,1 км² соответственно, площади обследованного участка составляет: 15,06/180 = 8,37 % и 7,1/180 = 3,94 %.

В пределах обнаруженных аномальных зон максимальные значения пластового давления флюидов в коллекторах изменяются от 12,1 до 14,7 МПа.

Другие особенности полученных результатов можно резюмировать следующим образом.

1. Пробуренная продуктивная скважина НН-1 попадает в контуры одной из обнаруженных аномалий (рис. 20).
2. Две другие сухие скважины, пробуренные на обследованной площади ранее, расположены за пределами закартированных аномальных зон.
3. Две локальные аномалии в левом верхнем углу участка обследования зафиксированы над известным нефтяным месторождением Brockham.

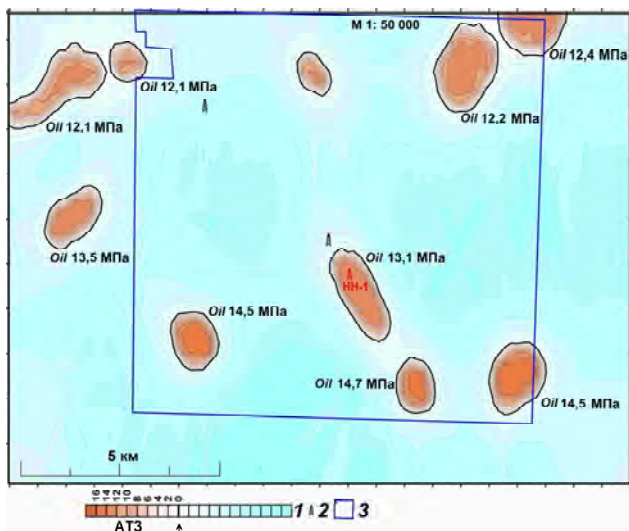


Рис. 20. Карта геоэлектрических аномальных зон типа «нефтяная залежь» на поисковом участке PEDL 137 (район продуктивной скважины Horse Hill-1, бассейн Weald, Англия) (по данным частотно-резонансного анализа спутникового снимка): 1 – шкала комплексного параметра максимальной величины пластового давления, МПа; 2 – скважина, пробуренная в пределах поискового участка (скв. Horse Hill-1 обозначена красным цветом); 3 – контур поискового участка PEDL 137

4. Две аномальные зоны в правом нижнем углу расположены на площади аэропорта Gatwick.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы для оценки ресурсов нефти и газа в пределах поисковой площади, а также выбора наиболее перспективных участков с целью дальнейшего детального изучения и разбуривания.

Основные выводы и рекомендации. Результаты экспериментальных исследований на поисковых площадях, в пределах которых впоследствии были пробурены поисковые скважины, дают основания констатировать следующее.

1. Пробуренная скважина на газ в плотных песчаниках Беляевская-400 расположена в пределах относительно крупной аномальной зоны типа «залежь газа» и попала на контур изолинии 53 МПа (см. рис. 1). Сделан вывод о том, что вероятность получения промышленных притоков газа близка к 100 % в интервале глубин до 5400 м. К сожалению, до этой глубины (и даже проектной 5250 м) скважина по неизвестным причинам не добурена. Вопрос о промышленной газоносности Беляевской площади (участка бурения скважины) остается открытым на неопределенное время.

2. Результаты исследований в районе Новомечебиловской (см. рис. 3) и Славянской (рис. 4) структур показали, что на этих площадях также имеются участки, в пределах которых могут быть получены промышленные притоки газа из горизонтов разреза на глубинах более 5000 м. Однако площадка бурения скв. Новомечебиловская-100 (см. рис. 3) попадает на контур нулевой изолинии самой крупной аномальной зоны. Сделан прогноз,

что вероятность получения в ней промышленных притоков газа после завершения бурения близка к нулю. Бурение подтвердило прогноз – коммерческие притоки газа в скважине не получены. Напомним также, что бурение скважины остановлено на глубине 3667 м (по материалам из доклада представителя компании «Шелл»). В центральной части аномальной зоны (на участке максимальных значений аномалии) бурить поисковую скважину целесообразно глубиной до 5500 м. Более определенно и обоснованно глубина бурения может быть оценена по результатам работ методом ВЭРЗ [21–24].

3. В пределах Славянской структуры (рис. 4) ранее было пробурено семь скважин. В процессе обработки данных ДЗЗ их точное положение на площади работ исполнителям было неизвестно. Все скважины не попали в контур закартированной относительно крупной аномалии. Целесообразно дополнительное использование мобильных прямопоисковых технологий при выборе мест заложения скважин.

4. Согласно результатам мониторинга при бурении скважин Беляевская-400 и Новомечебиловская-100, частотно-резонансный метод обработки и интерпретации данных ДЗЗ [17, 20, 21] позволяет обнаруживать и картировать в областях распространения нетрадиционных коллекторов (плотных песчаников) зоны «Sweet spots» [4], в пределах которых из пробуренных скважин могут быть получены коммерческие притоки газа. Ранее такие же выводы были сделаны по результатам исследований в районах распространения кристаллических пород (вернее, прогнозных скоплений УВ в кристаллических породах) [14], сланцев [15] и отложений баженовской свиты [16].

5. К предыдущему пункту следует добавить, что использование указанного метода (и других прямопоисковых технологий) при поисках и разведке скоплений УВ в нетрадиционных коллекторах (угленосных и кристаллических породах, сланцах, плотных песчаниках) дает возможность оптимизировать расположение поисковых, разведочных и добывающих (эксплуатационных) скважин, а следовательно, существенно сократить их количество и вредное воздействие на окружающую среду.

6. Целесообразно считать, что обработка данных ДЗЗ и полевые исследования наземными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ (см. рис. 5–8) на участке в районе известного газоконденсатного месторождения носят рекогносцировочный характер. С одной стороны, это обусловлено небольшим количеством физических точек геоэлектрических наблюдений методами СКИП и ВЭРЗ, с другой – из-за посевов на полях не все участки площади обследования были доступны для геофизических измерений на время

проведения полевых работ. Тем не менее полученный объем новых данных о перспективах газоносности участка вполне достаточный для принятия более взвешенного решения о дальнейших работах на обследованной площади.

Результаты полевых геоэлектрических исследований и их анализ позволили авторам констатировать: а) в целом новые данные подтверждают оценки запасов газоконденсатного месторождения, рассчитанные по результатам предыдущих геолого-геофизических исследований; б) нет веских причин для получения значительного прироста запасов УВ в пределах обследованного участка на время проведения работ; в) решение о целесообразности восстановления скв. 77 можно принимать только по результатам детального анализа экономической составляющей проекта освоения обследованного месторождения УВ.

7. Обнаружение и картирование относительно крупной аномальной зоны типа “залежь газа” над известным месторождением (см. рис. 5) существенно повышает вероятность обнаружения промышленных скоплений газа в глубинных (неразбуренных) горизонтах разреза на участке бурения скв. Беляевская-400, а также в пределах локальных аномальных зон с высокими оценками значений пластовых давлений флюидов, обнаруженных и закартированных в районе расположения Новомечбиловской (см. рис. 3) и Славянской (рис. 4) структур.

8. Результаты полевых исследований на известном месторождении (см. рис. 6–8) свидетельствуют, что мобильные геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ позволяют оперативно локализовать (сузить) участки заложения поисковых и эксплуатационных скважин и оценить глубины залегания, мощности прогнозируемых залежей в разрезе, а также их пластовые давления. Оценки глубин залегания и мощностей прогнозируемых продуктивных горизонтов, а также максимальных значений пластового давления флюидов в отдельных горизонтах (залежах), которые позволяет получать метод ВЭРЗ, – это важная дополнительная информация для принятия взвешенных и обоснованных решений о глубине бурения проектируемых поисковых и эксплуатационных скважин.

9. Результаты обработки данных ДЗЗ локального участка бурения двух скважин (см. рис. 10) в пределах поисковой площади Захатсор (см. рис. 9) позволили авторам сделать предварительные выводы о неоптимальном их заложении по результатам проведенных сейсмических и гравиметрических работ. К сожалению, для компании-оператора поисковой площади, которая по считала нецелесообразным принимать во внимание результаты обработки (рис. 10), указанные выводы впоследствии были подтверждены бурением! Для авторов это еще одно свидетель-

ство в пользу необходимости дополнительного применения прямопоисковых методов для оптимального заложения поисковых и добывающих скважин.

10. Не учитывались при выборе мест заложения трех поисковых скважин и результаты обработки спутникового снимка относительно крупного поискового блока на шельфе Тринидада и Тобаго (см. рис. 11, 12). Во всех трех пробуренных скважинах коммерческие притоки УВ не получены! Компания-оператор отказалась от дальнейшего геолого-геофизического изучения поискового блока. К удовлетворению авторов, после сопоставления результатов обработки данных ДЗЗ с некоторыми материалами исследований и бурения в пределах блока (рис. 12) оказалось, что и другие, ранее пробуренные в пределах блока сухие скважины также не попадали в контуры обнаруженных и закартированных аномалий!

11. Несколько по-другому отнеслись к результатам обработки данных ДДЗ специалисты компании-оператора газового месторождения ФО на шельфе ЮАР. Проанализировав имевшиеся сейсмические материалы, результаты бурения скважин и положение обнаруженных аномальных зон, они приняли решение перенести точку бурения скважины FO-12 в пределы ближайшей к ней аномальной зоны типа “Gas” (рис. 13). Дополнительная обработка спутникового снимка участка расположения скважины и аномальной зоны в более крупном масштабе показала (рис. 14), что при переносе скважины была пропущена локальная зона с относительно повышенными значениями пластового давления (такие зоны следует считать наиболее перспективными для заложения скважин). Это можно считать наглядным подтверждением рекомендаций авторов о целесообразности (вернее необходимости) обработки спутниковых снимков в крупном масштабе с целью выбора оптимальных мест для заложения скважин.

12. На площади Оболонской структуры по данным частотно-резонансной обработки спутникового снимка обнаружены и закартированы три небольшие аномальные зоны с невысокими значениями пластового давления флюидов в коллекторах. В связи с этим вероятность обнаружения промышленных скоплений УВ на глубинах свыше 650 м (и в кристаллическом фундаменте в том числе) оценивается авторами как очень низкая (близкая к нулю). Полученные материалы были сопоставлены с интегральной моделью [28, 29], построенной по результатам интерпретации комплекса геолого-геофизических данных (сейсмических, гравиметрических, магнитометрических, геохимических, эманационных и термометрических). Результаты обработки и сопоставления показали, что материалы обработки данных ДЗЗ могут ис-

пользоваться в качестве дополнительных при принятии решения о целесообразности бурения поисковых скважин на этой площади.

13. В пределах поисковой площади на юге Англии обнаружено 10 аномальных зон типа “залежь нефти”. Пробуренная продуктивная скважина попала в контуры одной из закартированных аномалий, две сухие скважины расположены в безаномальной зоне. Результаты исследований позволяют более обоснованно и взвешенно оценить потенциальные ресурсы УВ обследованной площади, а также выбрать наиболее оптимальные участки для проведения детальных исследований и заложения поисковых и разведочных скважин.

Обсуждение результатов. Прежде чем приступить к обсуждению полученных результатов, а также отличительных особенностей используемых прямопоисковых технологий, отметим, что некоторые из затронутых ниже вопросов и проблем уже анализировались (дискутировались) авторами в аналогичных разделах других статей, в том числе в работах [14–16, 19]. Еще раз обратим внимание на следующее.

1. Выше представлены, в основном, материалы, полученные по результатам частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ. Практический опыт свидетельствует, что детальность и информативность этого метода могут быть существенно повышены при декодировании спутниковых снимков в более крупном масштабе. На обследованных поисковых участках дополнительно будут обнаружены и закартированы небольшие по площади перспективные объекты. Обработку спутниковых снимков в крупном масштабе необходимо проводить в обязательном порядке на детализационных этапах работ и прежде всего при определении оптимальных мест заложения поисковых скважин.

2. Оперативная обработка данных ДЗЗ участков поисков УВ и бурения скважин дает возможность получить значительный объем новой (дополнительной) и, главное, независимой информации, которая вместе с имеющимися геолого-геофизическими материалами позволяет сформировать более полное (адекватное) представление о перспективах их нефгазоносности. Независимый характер этой информации обусловлен в том числе и тем обстоятельством, что она может быть получена без привлечения имеющихся материалов геолого-геофизических исследований прошлых лет.

3. Выявленные частотно-резонансным методом обработки данных ДЗЗ аномальные зоны могут быть детализированы наземными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ [21–24]. Результаты зондирования по сети профилей позволяют рассчитать площади распространения продуктивных горизонтов, их объемы, а также оценить приближенно потенциальные ресурсы нефти и газа в

пределах распространения отдельных аномальных зон. Данные наземных геоэлектрических исследований по точности и детальности превосходят результаты обработки данных ДЗЗ.

4. Еще одна отличительная особенность полученных данных — их можно классифицировать как “прямые признаки нефте- и газоносности” обследованных участков. Полученные материалы более определенно (обоснованно) указывают на наличие скопления нефти и газа в разрезе. Их использование позволяет конкретно оконтурить участки поисков залежей, а также существенно сузить области оптимального заложения поисковых скважин.

5. Согласно результатам исследований участков бурения на газ в плотных песчаниках, а также на площадях распространения сланцевых пород, без привлечения мобильных геофизических технологий, в первую очередь “базирующихся” на принципах “вещественной” парадигмы геофизических исследований [21], решить в Украине проблему поисков, разведки и промышленной (коммерческой) добычи углеводородов из нетрадиционных коллекторов (угленосных и кристаллических пород, сланцев, плотных песчаников) вряд ли удастся за относительно короткое (примемлемое для страны) время.

6. Информация о результатах обработки данных ДЗЗ на шельфе Тринидада и Тобаго может быть включена в материалы тендерной документации, если государственным органом этой страны будет объявлен новый тендер на поиски и освоение углеводородных ресурсов обследованного блока.

Заслуживает также внимания статья [35], в которой анализируются результаты бурения восьми сухих скважин в глубоководной части шельфа Тринидада и Тобаго! Вполне понятно, что и там скважины закладывались по результатам проведенных геофизических исследований (и сейсмических, прежде всего). Остается еще раз констатировать, что такие “скромные” результаты бурения указывают на целесообразность использования дополнительных методов и технологий (в первую очередь прямопоисковых) при проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ как на суше, так и на шельфе. В статье [19] приводится краткая дополнительная информация о неутешительных результатах поисковых работ и бурения на шельфе в разных регионах мира.

7. Не лучше складывается ситуация с бурением продуктивных скважин и на суше. Об этом свидетельствуют приведенные материалы по поисковым участкам на газ в плотных песчаниках (ДДВ, Украина) и лицензионной площади Захатсор (Республика Казахстан). Целесообразность привлечения для выбора мест заложения поисковых и разведочных скважин дополнительной и

независимой информации следует также из результатов исследований, изложенных в статье [10, с. 3]. В ней, в частности, констатируется, что “ведение поисковых работ на юге Западной Сибири (на юге Тюменской области) показало несостоятельность правила структурного (антиклинального) размещения скважин, что указывает на необходимость смены стратегии и методических подходов в организации здесь нефтегазопроисхождения (и не только здесь)”.

8. Обратим также внимание на следующее обстоятельство. Описанные выше, а также обнаруженные и картированные мобильными геофизическими методами в различных регионах мира многочисленные аномальные зоны типа “залежь УВ” (или же “проекции на земную поверхность прогнозируемых скоплений УВ”) позволяют вполне обоснованно утверждать о возможности их формирования исключительно за счет вертикальной (субвертикальной) миграции флюидов. Можно также добавить, что структура и характер расположения картируемых аномальных зон типа “залежь УВ” в целом подтверждают механизм формирования скоплений УВ, который в статьях [12, с. 582; 34, с. 5] сформулирован в следующем виде: “... Образование залежей нефти и газа происходит иначе. Поднимаясь из подкоровых слоев, абиогенно синтезированные нефть и газ по разлому и его оперяющим трещинам «впрыскиваются» под колоссальным давлением мантийного очага в любую пористую и проницаемую среду, распространяясь в ней из разлома подобно грибообразному облаку. Они остаются сравнительно неподвижными, не всплывают ни в антиклинали, ни в синклинали, ни в наклонном или горизонтальном пласте, пока новые порции нефти и газа не продвинут их залежь. На это указывают эксперименты и практика строительства подземных газохранилищ в горизонтальных и наклонных водонасыщенных пластах песка или песчаника”.

У авторов складывается впечатление, что при выборе подготовленных по сейсмическим данным объектов и структур для разбуривания в большинстве случаев отмеченное обстоятельство не принимается во внимание. Такой неучёт в некоторой степени может влиять и на успешность бурения.

9. Ответы на многие вопросы, связанные с характером и особенностями картируемых аномалий типа “залежь”, можно найти в публикациях авторов [2, 4, 12, 13, 25, 31, 34], развивающих представления о глубинном происхождении УВ в рамках глобального процесса дегазации Земли.

10. Достаточно интересной представляется информация, приведенная в статье [5, с. 66]: “В целях оценки значимости каналов фильтрации в общем отборе нефти в условиях Западной Сибири были составлены графики распределения накопленных отборов нефти по скважинам по результа-

там разработки в наилучших поровых коллекторах (Самотлорское месторождение) и трещинно-кавернозных коллекторах баженовской свиты (Салымское месторождение). Оба приводимых примера обеспечены большим объемом данных, в обоих случаях 40-летний период разработки, 6,5 тыс. и 80 скв. соответственно. Несмотря на существенные различия в генезисе и ФЕС коллекторов, в приводимых примерах основная добыча осуществляется 20 % скважин.

По Самотлорскому месторождению приведена удельная добыча (добыча на 1 м эффективного нефтенасыщенного коллектора) в целях получения более точной характеристики свойств коллекторов. Попластовое различие заключается лишь в том, что в лучшем коллекторе (пласт АВ3) 20 % скважин отобрали 75 % накопленной добычи, в менее продуктивных пластах (ФЕС ниже) АВ4-5 и АВ2-3 эта же доля скважин отобрала 80 % нефти. В трещинно-кавернозных коллекторах баженовской свиты Салымского месторождения по результатам разработки 20 % скважин отобрали 85 % нефти. Таким образом, по результатам разработки независимо от типа коллектора выделяется «золотой фонд скважин», обеспечивший основной объем добычи”.

Факты наличия на месторождениях Западной Сибири скважин с существенно повышенными (“ураганными”) значениями накопленной добычи УВ отмечались неоднократно авторами “геосоли-tonной” концепции образования УВ.

11. В публикации [27, с. 17] приводятся оценки прогнозных ресурсов УВ нетрадиционного типа в Украине, в том числе газа в плотных песчаниках, а также в районе расположения Оболонской структуры. Материалы указанной статьи позволяют сделать вывод, что данные оценки существенно завышены. В связи с этим достаточно важное значение приобретает проблема оценки ресурсов УВ, в том числе в нетрадиционных коллекторах (сланцах, плотных песчаниках, кристаллических породах). В этом аспекте заслуживают внимания предложения авторов статьи [33, с. 656]: “В случае так называемых непрерывных (рассеянных) ресурсов УВ бессмысленно оконтуривать их область распространения на ранней стадии разведки, так как всю площадь развития сланцевых пород (в интервале «газового окна», например) в этом случае можно считать потенциальным сланцевым плеем. Мы предлагаем определять сланцевый плей как область типа «sweet spot», которая обнаружена (выделена) многими скважинами и в которой можно спрогнозировать добычу УВ на протяжении достаточно длительного времени (получить оценки потенциальных объемов добычи УВ)”.

С этим предложением (т. е. оценивать извлекаемые ресурсы газа только исключительно в

пределах “Sweet spots” зон) трудно не согласиться. Однако реальные оценки таких ресурсов могут оказаться существенно меньше существующих оценок! Тем не менее реальные оценки — это намного лучше, чем существенно завышенные!

Объективная оценка углеводородных ресурсов как в мировом масштабе, так и в отдельных регионах земного шара дает возможность мировому сообществу в целом (а также отдельным странам) более объективно планировать и проводить в жизнь долгосрочную энергетическую политику.

12. Авторы принимали участие в оценке перспектив газоносности еще одной разбуренной структуры [23]. В 2004 г. были проведены наземные геоэлектрические исследования методами СКИП и ВЭРЗ в пределах Покровской площади (ДДВ, Полтавская обл.). Наземными работами в центральной части Покровской площади выделена небольшая аномальная зона типа “залежь углеводородов”, в пределах которой могут быть встречены УВ в верхней части разреза, в интервале глубин 2100–2200 м. Однако ввиду небольших размеров аномалии и незначительной мощности АПП эта зона не представляет промышленного интереса. В нижней части разреза, в интервале глубин 3700–3800 м могут быть встречены коллекторы, заполненные водой с содержанием газовой фракции, а в интервале глубин 4200–4800 м — плотные карбонатно-терригенные пласты без признаков отложений УВ. В центральной части площади на глубине 5300 м выделено куполообразное поднятие пород солевой формации.

Тем не менее позже в пределах площади были проведены сейсмические исследования 3D и пробурено несколько скважин глубиной порядка 5000 м. Однако промышленные скопления газа не обнаружены. Вполне понятно, что при выборе мест заложения скважин результаты геоэлектрических исследований не принимались во внимание.

13. Обратим также внимание специалистов на следующее обстоятельство. На карте-схеме расположения нефтеперспективных объектов в пределах Оболонской площади (см. рис. 16), построенной по результатам интегральной интерпретации комплекса геолого-геофизических данных [28, 29], показано положение проектных скважин по материалам сейсмических исследований 3D (точка Р1) и комплексной интерпретации геолого-геофизических и геохимических данных (точка П1, первоочередная). Предложенные участки бурения первой поисковой скважины расположены достаточно далеко друг от друга.

14. На рис. 5–8 представлены некоторые результаты успешного применения комплекса прямопоисковых методов на известном газоконденсатном месторождении в ДДВ. Продуктивные

горизонты расположены на больших глубинах — свыше 5000 м. Стоимость бурения скважин при разведке и эксплуатации залежей на таких глубинах существенно возрастает. В связи с этим можно предположить, что применение мобильных прямопоисковых технологий, апробированных на известных месторождениях, будет способствовать значительному сокращению затрат (финансовых и временных) на поиски, разведку и освоение углеводородного потенциала больших глубин. В частности, мобильные методы могут ускорить и оптимизировать процесс освоения Комышнянского газоконденсатного месторождения [26].

15. Во многих публикациях приводятся конкретные цифры финансовых затрат на приобретение лицензий на тендерах, геолого-геофизическое опосредованное лицензионных блоков и площадей и бурение скважин. Эти цифры огромны! И во многих случаях результаты бурения оказываются отрицательными — компаниям или отдельным инвесторам приходится отказываться от дальнейшего изучения и освоения углеводородных ресурсов в пределах приобретенных лицензионных блоков.

Казалось бы, что в данной ситуации для повышения показателя успешности бурения использованию оперативных, мобильных и малозатратных “прямых” методов поисков и разведки скоплений УВ нет альтернативы. Но на самом деле это совсем не так. В подавляющем большинстве случаев технологические специалисты, геологи и геофизики, а также менеджмент нефтегазовых и сервисных компаний (крупных и мелких) стараются подобного рода инновационных технологий не замечать. И даже не принимают во внимание уже имеющиеся материалы по отработанным площадям и участкам, переданные на безвозмездной основе.

Такое отношение к инновационным технологиям — следствие господствующего стереотипа мышления: только традиционные геофизические методы (в первую очередь сейсмический) дают возможность наиболее эффективно (успешность бурения в среднем 30 %) решать задачи поисков и разведки промышленных скоплений нефти и газа в пределах новых поисковых площадей и блоков. В сложившейся ситуации авторам не остается другого выхода, кроме как и далее на примерах решения конкретных нефтепоисковых задач демонстрировать потенциальные возможности и преимущества прямопоисковых технологий в научных публикациях, документах информационного и рекламного характера, а также в презентациях на научно-практических конференциях, семинарах, симпозиумах. Основания для этого достаточно весомые — даже повышение показателя успешности бурения в 2 раза может привести к существенному ускорению и оптимизации

геолого-разведочного процесса на нефть и газ в целом.

Заключение. Представленные результаты оценки с использованием мобильных прямопоисковых методов перспектив нефтегазоносности поисковых площадей и участков в различных регионах земного шара и последующего бурения в их пределах скважин в полной мере (достаточно наглядно и убедительно) демонстрируют целесообразность (необходимость) более широкого применения такого рода технологий (прямопоисковых) как в геолого-разведочном процессе на нефть и газ в целом, так и на этапах выбора оптимальных мест для заложения поисковых и разведочных скважин в частности.

Если принять во внимание вполне очевидные факты, что материальные (финансовые) и временные затраты на получение новой (дополнительной) информации с помощью мобильных технологий несопоставимы с затратами (временными и финансовыми) на геолого-геофизическое изучение поисковых участков традиционными геофизическими методами, то тезис авторов о необходимости их целенаправленного практического применения усиливается еще более.

Традиционные методы геофизических исследований не обеспечивают (не гарантируют) высокий процент успешности бурения (в мире, в среднем, до 30 %). Это обстоятельство следует считать достаточно принципиальным. Такое положение дел с бурением не дает права менеджменту и техническим специалистам сервисных и нефтяных компаний принимать (считать) материалы традиционных (и в первую очередь сейсмических) исследований в качестве истины в последней инстанции. В противном случае не стоит надеяться в ближайшем будущем на ускорение и оптимизацию геолого-разведочного процесса на нефть и газ.

Представленными выше результатами исследований наглядно продемонстрированы потенциальные возможности прямопоисковых методов при проведении в сжатые сроки рекогносцировочного обследования поисковых участков. Апробированная технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ может использоваться для предварительной оценки перспектив нефтегазоносности крупных по площади (и труднодоступных) нефтегазоносных территорий. Применение этой технологии может принести значительный эффект и при поисках скоплений УВ в нетрадиционных коллекторах (в том числе в районах распространения сланцев, пород баженовской свиты, угленосных формаций). Мобильная технология также заслуживает применения при исследованиях слабоизученных участков и блоков в пределах известных нефте- и газоносных бассейнов.

1. *Атлас* родовищ нефти і газу України. Східний нафтогазоносний регіон. Т. 2. – Львів, 1998. – С. 504–923.
2. *Багдасарова М.В.* Дегазация Земли – глобальный процесс, формирующий флюидогенные полезные ископаемые (в том числе месторождения нефти и газа) / М.В. Багдасарова // 3-е Кудрявцевские чтения. Всероссий. конф. по глубинному генезису нефти. Россия, Москва, ЦГЭ, 20–23 окт. 2014 г. – 22 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://conference.deepoil.ru/images/stories/docs/3KR/3KR_Theses/Bagdasarova_Theses.pdf (дата обращения: 10.06.2015).
3. *Багрий И.Д.* Обоснование новой поисковой технологии и ее адаптация на традиционных и нетрадиционных нефтегазоносных объектах импактных структур Украины / И.Д. Багрий // Геол. журн. – 2015. – № 2. – С. 105–126.
4. *Валяев Б.М.* Природа и особенности пространственного распространения нетрадиционных ресурсов углеводородов и их скоплений / Б.М. Валяев // Газовая промышленность. Нетрадиционные ресурсы нефти и газа. Спецвыпуск. – 2012. – С. 9–16.
5. *Глухманчук Е.Д.* Трещинно-блоковая структура месторождений как основная причина низкой эффективности геолого-гидродинамических моделей / Е.Д. Глухманчук, В.В. Крупичский, А.В. Леонтьевский // Недропользование – XXI век. – 2014. – № 3. – С. 64–67.
6. *Гошовський С.В.* Актуальність дорозвідки брахіантиклінальних структур південно-східної частини Дніпровсько-Донецького авлакогену. Ст. 2. Епігенетична зональність і перспективні напрями дорозвідки Новомечибилівської складки / С.В. Гошовський, І.С. Рослий // Мінеральні ресурси України. – 2012. – № 4. – С. 32–39.
7. *Дудніков М.* Перспективи нафтогазоносності південно-східної частини Дніпровсько-Донецької западини / М. Дудніков // Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Геологія. – 2012. – Вип. 58. – С. 36–40.
8. *Запивалов Н.П.* Геологические и экологические риски в разведке и добыче нефти // Георесурсы. – 2013. – № 3. – С. 3–5.
9. *Информация* о результатах геологоразведочных работ за 2014 г. по ОИСМСБ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wkn.geology.gov.kz/ru/napravlene/monitoring-mineralno-syrevoj-bazy-nedropolzovaniya> (дата обращения: 10.06.2015).
10. *Карпов В.А.* Состояние и перспективы развития нефтегазопроисковых работ в Западной Сибири / В.А. Карпов // Геология нефти и газа. – 2012. – № 3. – С. 2–6.
11. *Ковалев Н.И.* Опыт практического использования аппаратуры комплекса “Поиск” по определению границ нефтегазоносных участков и выбора точек под бурение скважин / Н.И. Ковалев, В.А. Гох, П.Н. Ивашенко, С.В. Солдатова // Геоинформатика. – 2010. – № 4. – С. 46–51.
12. *Краюшкин В.А.* Месторождения нефти и газа глубинного генезиса / В.А. Краюшкин // Журн. Всесоюз. хим. о-ва им. Д.И. Менделеева. – 1986. – Т. 31, № 5. – С. 581–586.
13. *Кусов Б.Р.* Генезис некоторых углеродсодержащих полезных ископаемых (От метана до алмаза): Монография. Изд. 2-е, доп. / Б.Р. Кусов. – Владикавказ: ИПО СОИГСИ, 2011. – 195 с.

14. *Левашов С.П.* Мобильные геофизические технологии: опыт применения для поисков залежей углеводородов в кристаллических породах / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин. [Электронный ресурс] // Глубинная нефть. – 2013. – Т. 1, № 8. – С. 1117–1141. – Режим доступа: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-7-2013/3_Levashov-Iakimchuk-Korchagin_1-8-2013.pdf (дата обращения: 10.06.2015).
15. *Левашов С.П.* Мобильные геофизические технологии: экспериментальное изучение возможности применения для поисков скоплений углеводородов в районах распространения сланцев в Восточной Европе / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа // Геоинформатика. – 2014. – № 4. – С. 5–29.
16. *Левашов С.П.* Мобильные прямопоисковые методы – новые возможности ускорения и оптимизации нефтегазоносного процесса / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Нефть и газ. – 2015. – № 2. – С. 93–115.
17. *Левашов С.П.* Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазоносности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2010. – № 3. – С. 22–43.
18. *Левашов С.П.* О возможности обнаружения скопления газа в плотных песчаниках мобильными геофизическими методами / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, И.С. Пидлисна // Геодинаміка. – 2013. – № 2. – С. 210–212.
19. *Левашов С.П.* Оперативная оценка ресурсов углеводородов в пределах поисковых площадей и отдельных структур на шельфе методом частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа // Геоинформатика. – 2015. – № 1. – С. 5–26.
20. *Левашов С.П.* Оценка относительных значений пластического давления флюидов в коллекторах: результаты проведенных экспериментов и перспективы практического применения / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2011. – № 2. – С. 19–35.
21. *Левашов С.П.* Частотно-резонансный принцип, мобильная геоэлектрическая технология: новая парадигма геофизических исследований / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геофиз. журн. – 2012. – Т. 34, № 4. – С. 167–176.
22. *Левашов С.П.* Электрорезонансное зондирование и его использование для решения задач экологии и инженерной геологии / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геол. журн. – 2003. – № 4. – С. 24–28.
23. *Левашов С.П.* Экспресс-технология “прямых” поисков и разведки скоплений нефти и газа геоэлектрическими методами: результаты применения на газоперспективных участках в Днепроовско-Донецкой впадине (Полтавская область) / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, И.Г. Зазекало, А.И. Сорока // Геолог України. – 2005. – № 1. – С. 43–54.
24. *Левашов С.П.* Экспресс-технология “прямых” поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами: результаты практического применения в 2001–2005 гг. / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2006. – № 1. – С. 31–43.
25. *Лукин А.Е.* Система “суперплюм–глубокозалегающие сегменты нефтегазоносных бассейнов” – неисчерпаемый источник углеводородов / А.Е. Лукин // Геол. журн. – 2015. – № 2. – С. 7–20.
26. *Мачужак М.І.* Перспективи відкриття значних за запасами родовищ газу на великих глибинах у Дніпровсько-Донецькій западині / М.І. Мачужак, А.В. Лизанець // Нафтогаз. галузь України. – 2013. – № 3. – С. 20–23.
27. *Михайлов В.А.* Нетрадиційні ресурси вуглеводнів України – огляд проблеми / В.А. Михайлов, С.А. Вижва / Матеріали Міжнар. наук. конф. “Нетрадиційні джерела вуглеводнів в Україні: пошуки, розвідка, перспективи”, Київ, 27–29 лист. 2013 р. – К., 2013. – С. 16–18.
28. *Петровский А.П.* Интегральное геолого-геофизическое моделирование Оболонской астроблемы в свете перспектив ее нефтегазоносности / А.П. Петровский, Ю.В. Анищенко, Т.А. Федченко, Н.С. Ганженко // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 41-й сес. Междунар. науч. семинара имени Д.Г. Успенского, Екатеринбург, 27–31 янв. 2014 г. – Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2014. – С. 189–191.
29. *Петровский А.П.* Оболонская астроблема – интегральная геолого-геофизическая модель нетрадиционных резервуаров как новый объект нефтегазопроисковых работ / А.П. Петровский, Ю.В. Анищенко, Т.А. Федченко, Н.С. Ганженко // Геофизика. – 2015. – № 2. – С. 61–68.
30. *Рослий І.С.* Актуальність дорозвідки брахіантиклінальних структур південно-східної частини Дніпровсько-Донецького авлакогену. Ст. 1. Геологічний розвиток та оцінка газонасності Слов'янської складки / І.С. Рослий, М.О. Скребець // Мінеральні ресурси України. – 2012. – № 3. – С. 30–37.
31. *Тимурзиев А.И.* Мантийные очаги генерации углеводородов: геолого-физические признаки и прогнозно-поисковые критерии картирования; закономерности нефтегазоносности недр как отражение разгрузки в земной коре мантийных УВ-систем / А.И. Тимурзиев // Природные физико-химические условия и процессы преобразования и мобилизации мантийных C-H-N-O-S систем в углеводороды нефтяного ряда. Исходное вещество и очаги генерации, механизм и каналы вертикальной миграции глубинной нефти. 2-е Кудрявцевские чтения. Всерос. конф. по глубинному генезису нефти. – Москва: ЦГЭ, 2013. – С. 333–379.
32. *Dietmar Neuhaus* Exploring for tight gas in Ukraine: Shell technical and non-technical solutions. Abstracts international scientific conference “Unconventional sources of hydrocarbons in Ukraine: exploration, prospects”, Kyiv, 27–29 November 2013. – Kyiv, 2013. – P. 15–16.
33. *Kiersnowski H.* Ordovician-Silurian shale gas resources potential in Poland: evaluation of Gas Resources Assessment Reports published to date and expected improvements for 2014 forthcoming Assessment / Hubert Kiersnowski, Ireneusz Dyrka // Przegląd Geologiczny. – 2013. – V. 61, no. 11/1. – P. 639–656.

34. *Kutcherov V.G.* Deep-seated abiogenic origin of petroleum: From geological assessment to physical theory / V.G. Kutcherov, V.A. Krayushkin // *Rev. Geophys.* – 2010. – V. 48, iss. 1. – doi:10.1029/2008RG000270. – Mode of access: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008RG000270/pdf> (Accessed 15 June 2015).
35. *Rajnauth J.* Trinidad and Tobago's First Deepwater Drilling Campaign / J. Rajnauth, C. Boodoo // *The West Indian Journal of Engineering.* – 2013. – V. 35, no. 2. – P. 4–14.
36. *Yakymchuk N.A.* Mobile Technology of Frequency-Resonance Processing and Interpretation of Remote Sensing Data: The Results of Application in Different Region of Barents Sea / N.A. Yakymchuk, S.P. Levashov, I.N. Korchagin, D.N. Bozhezha // *Offshore Technology Conference Arctic Technology Conference, Copenhagen, Denmark, 23–25 March, 2015.* – doi:10.4043/25578-MS. – Mode of access: <https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS> (Accessed 15 June 2015).

Поступила в редакцію 16.06.2015 г.

МОБІЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРЯМИХ ПОШУКІВ НАФТИ І ГАЗУ: ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ЇХ ДОДАТКОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ВИБОРІ МІСЦЬ ЗАКЛАДЕННЯ СВЕРДЛОВИН

С.П. Левашов^{1,2}, М.А. Якимчук^{1,2}, І.М. Корчагин³, Д.М. Божежа²

¹*Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, пров. Лабораторний, 1, Київ 01133, Україна*

²*Центр менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю ІГН НАН України, пров. Лабораторний, 1, Київ 01133, Україна*

³*Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, просп. Акад. Палладіна, 32, Київ 03680, Україна, e-mail: korchagin@karbon.com.ua*

Проаналізовано результати застосування прямопошукових геофізичних технологій (частотно-резонансної обробки даних ДЗЗ та геоелектричних методів СКІП і ВЕРЗ) для оперативної оцінки перспектив нафтогазоносності окремих структур і пошукових блоків, а також ділянок буріння пошукових свердловин. З використанням цих мобільних технологій обстежено пошукові ділянки і блоки, а також деякі родовища вуглеводнів (ВВ) в Україні, Республіці Казахстан, Англії, на шельфах ПАР, Тринідаду і Тобаго. В межах обстежених площ пробурено свердловини. За результатами моніторингу буріння на газ у щільних пісковиках Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), св. Біляївська-400 не добурено до продуктивних горизонтів, а св. Новомечіблівська-100 знаходиться на краю виявленої аномальної зони. У свердловинах не отримано комерційних припливів газу. За результатами досліджень на площі Захатсор (Республіка Казахстан), проектні свердловини розташовані в неоптимальних місцях. Результати буріння підтвердили прогноз. Три сухі свердловини на шельфі Тринідаду і Тобаго не потрапляють у контури закартованих аномалій, а проектну свердловину на газовому родовищі (шельф ПАР) перенесли в межі виявленої поруч аномалії. Пробурена продуктивна свердловина на півдні Англії потрапила в контури однієї із закартованих на пошуковій площі аномалій, а дві сухі свердловини розташовані в безаномальній зоні. Результати обробки супутникового знімка Оболонської структури (Україна) зіставлені з інтегральною моделлю, побудованою за комплексом геолого-геофізичних і геохімічних даних. Виявлені прямопошуковими методами аномальні зони можна вважати проекціями на земну поверхню контурів скупчень ВВ у розрізі. Цю інформацію можна використовувати для наближеної оцінки ресурсів ВВ у межах обстежених ділянок і структур. Результати досліджень свідчать про доцільність застосування прямопошукових технологій для визначення оптимальних ділянок буріння пошукових свердловин. Підвищення показника успішності буріння вдвічі може забезпечити істотне прискорення та оптимізацію геологорозвідувального процесу на нафту і газ в цілому.

Ключові слова: мобільна технологія, аномалія типу “поклад”, нафта, газ, газоконденсат, шельф, розломна зона, супутникові дані, прямі пошуки, обробка даних ДЗЗ, інтерпретація.

MOBILE TECHNOLOGIES OF DIRECT PROSPECTING FOR OIL AND GAS: FEASIBILITY OF THEIR ADDITIONAL APPLICATION IN SELECTING SITES OF WELL DRILLING

S.P. Levashov^{1,2}, N.A. Yakymchuk^{1,2}, I.N. Korchagin³, D.N. Bozhezha²

¹*Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, 1 Laboratory Lane, Kyiv 01133, Ukraine*

²*Management and Marketing Center of the Institute of Geological Science, NAS of Ukraine, 1 Laboratory Lane, Kyiv 01133, Ukraine*

³*Institute of Geophysics, NAS of Ukraine, 32 Palladin Ave., Kyiv 03680, Ukraine, e-mail: korchagin@karbon.com.ua*

Purpose. The purpose of the paper is to study the possibility of using the direct FSPEF and VERS geoelectric methods and technology of frequency-resonance processing of remote sensing data for the operative assessment of the petroleum potential of individual structures and exploratory blocks in order to select the optimal sites for exploratory well drilling. Applying these mobile methods, we surveyed prospecting areas and blocks, as well as some hydrocarbon deposits in

Ukraine, Kazakhstan, England, and on the offshore of South Africa and Trinidad and Tobago were. Within the surveyed area the wells were drilled.

Design/methodology/approach. Experimental studies were conducted with the mobile technology of remote sensing data frequency-resonance processing and interpretation and geoelectric methods of forming the short-pulsed electromagnetic field (FSPEF) and vertical electric-resonance sounding (VERS). These techniques are “direct” methods for oil and gas prospecting and they work in the “substantial” paradigm of geophysical research. Technologies and techniques developed on the principles of this paradigm are directed for a particular (desired in each case) substance searching – oil, gas condensate, gold, zinc, uranium, etc.

Findings. Results of monitoring for the wells drilling for gas in tight sands (DDB) have shown that the Belyaevskaya-400 well was not drilled to productive horizons, and the Novomechebilovskaya-100 well is located at the edge of the mapped anomalous zone. Commercial gas inflows were not obtained in these wells. Research on the Zahatsor area demonstrated that the projected wells are located in non-optimal locations. The drilling results confirm the prediction. Three dry wells on the Trinidad and Tobago offshore do not fall into the contours of the mapped anomalies. The projected well on the gas field (offshore South Africa) was moved into the contour of the nearest detected anomaly. The drilled productive well in the south of England falls into the contours of one anomaly, mapped on the search area, and two dry wells are located in the anomaly-free zone. The results of processing of satellite image of Obolonskaya structure were compared with the integrated model built on a complex of geological, geophysical and geochemical data.

Practical value/implications. Anomalous zones discovered by direct prospecting methods can be considered as projections into the surface of hydrocarbon accumulations contours in the cross-section. This information can be used for an approximate estimate of hydrocarbon resources within the surveyed areas and structures. The results of these studies indicate the feasibility of applying direct prospecting technologies application to determine the optimum sites for exploratory wells drilling. The two-fold increase of success of well drilling could in general terms result in a significant acceleration and optimization of the prospecting process for oil and gas.

Keywords: mobile technology, anomaly of deposit type, oil, gas, gas condensate, offshore, fault zone, satellite data, direct prospecting, processing of remote sensing data, interpretation.

References:

1. *Atlas rodovyschch nafty i hazu Ukrayiny. Skhidnyy naftohazonosnyy rehion* [Atlas of oil and gas in Ukraine. Eastern oil and gas region]. Lviv, 1998, vol. 2, pp. 504-923.
2. Bagdasarova M.V. *Degazacija Zemli - global'nyj process, formirujushhij fljuidogennye poleznye iskopaemye (v tom chisle mestorozhdenija nefiti i gaza)* [Degassing of the Earth - a global process of fluidogene minerals forming (oil and gas including). 3-e Kudryavtsevskie chteniya. Vserossiyskaya konferentsiya po glubinnomu genezisu nefiti. Moskva, 20-23 oktyabrya 2014 g. Moscow: TsGE, 2014, 22 p. Available at: URL: http://conference.deepoil.ru/images/stories/docs/3KR/3KR_Theses/Bagdasarova_Theses.pdf (Accessed 15 June 2015).
3. Bagriy I.D. *Obosnovanie novej poiskovoj tehnologii i ee adaptacija na tradicionnyh i netradicionnyh neftegazonosnyh ob'ektakh impaktnyh struktur Ukrainy* [Justification of the new search technology and its adaptation to the conventional and unconventional oil and gas objects of impact structures in Ukraine]. *Geological journal*, 2015, no. 2, pp. 105-126.
4. Valyaev B.M. *Priroda i osobennosti prostranstvennogo rasprostraneniya netradicionnyh resursov uglevodorodov i ih skoplenij* [Nature and characteristics of the spatial distribution of unconventional hydrocarbon resources and their accumulations]. *Gazovaya promyshlennost'. Netraditsionnye resursy nefiti i gaza. Spetsvypusk*, 2012, pp. 9-16.
5. Gluhmanchuk E.D., Krupizkyi V.V., Leontyevskiy A.V. *Treshhinno-blokovaja struktura mestorozhdenij kak osnovnaja prichina nizkoj jeffektivnosti geologo-gidrodinamicheskikh modelej* [Fracture-block structure of deposits as the main reason of low efficiency of geological and hydrodynamic models]. *Nedropol'zovanie - XXI vek*, 2014, no. 3, pp. 64-67.
6. Goshovsky S.V., Rosliy I.S. *Aktualnist dorozvidky brakhiantyklinalnykh struktur pivdenno-skhidnoi chastyny Dniprovsko-Donetskoho avlakohenu. Statia 2. Epigenetychna zonalnist i perspektivni napriamy dorozvidky Novomechebylivskoi skladky* [Urgency of additional exploration of brahiantyklinal structures of southeastern part of the Dnieper-Donetsk avlakogene. Article 2. Epigenetic zoning and future directions of additional exploration of Novomechebylivskaya fold]. *Mineralni resursy Ukrainy*, 2012, no. 4, pp. 32-39.
7. Dudnikov M. *Perspektyvy naftohazonosnosti pivdenno-skhidnoi chastyny Dniprovsko-Donetskoj zapadyny* [Prospects for oil and gas of south-eastern Dnieper-Donets basin]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, 2012, issue 58, pp. 36-40.
8. Zapivalov N.P. *Geologicheskie i jekologicheskie riski v razvedke i dobyche nefiti* [Geological and ecological risks in exploration and production of oil]. *Georesources*, 2013, no. 3, pp. 3-5.
9. *Informacija o rezul'tatah geologorazvedochnyh rabot za 2014 g. po OISMSB* [Information on the results of exploration work for 2014 at OISMSB]. Available at: <http://www.wkn.geology.gov.kz/ru/napravlene/monitoring-mineralno-syrevoj-bazy-nedropolzovaniya> (Accessed 15 June 2015).
10. Karpov V.A. *Sostojanie i perspektivy razvitiija neftegazoposkovykh rabot v Zapadnoj Sibiri* [Status and prospects of oil and gas exploration in Western Siberia]. *Oil and Gas Geology*, 2012, no. 3, pp. 2-6.
11. Kovalev N.I., Goh V.A., Ivashchenko P.N., Soldatova S.V. *Opyt prakticheskogo ispol'zovaniya apparatury kompleksa "Poisk" po opredeleniyu granits neftegazonosnykh uchastkov i vybora toчек pod burenie skvazhin* [Practical experience in using remote

- control equipment “Search” on oil and gas areas limit test and selecting of drilling wells locations]. *Geoinformatika*, 2010, no 4, pp. 46-51.
12. Krayushkin V.A. *Mestorozhdeniya nefiti i gaza glubinnogo genezisa* [Oil and gas fields of deep genesis]. *Zhurnal Vsesojuznogo himicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleeva*, 1986, vol. 31, no. 5, pp. 581-586.
 13. Kusov B.R. *Genezis nekotorykh ugleodsoderzhashchikh poleznykh iskopaemykh (Ot metana do almaza): Monografiya. Izdanie vtoroe, dopolnennoe* [Genesis some carbonaceous minerals (From methane to diamond): Monograph. Second edition, expanded]. Vladikavkaz, *IPO SOIGSI*, 2011, 195 p.
 14. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Mobil'nye geofizicheskie tehnologii: opyt primeneniya dlja poiskov zalezhej uglevodorodov v kristallicheskikh porodah* [Mobile geophysical technologies: experience of the application for the hydrocarbons prospecting in crystalline rocks]. *Deep oil*, 2013, vol. 1, no. 8, pp. 1117-1141. Available at: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-7-2013/3_Levashov-Iakimchuk-Korchagin_1-8-2013.pdf (Accessed 15 June 2015).
 15. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. *Mobil'nye geofizicheskie tehnologii: jeksperimental'noe izuchenie vozmozhnosti primeneniya dlja poiskov skoplenij uglevodorodov v rajonah rasprostraneniya slancev v Vostochnoj Evrope* [Mobile geophysical technologies: experimental study of possibility of application for hydrocarbon accumulations prospecting within areas of shale spreading in Eastern Europe]. *Geoinformatika*, 2014, no. 4, pp. 5-29.
 16. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Mobil'nye prjamoposkovnye metody - novye vozmozhnosti uskorenija i optimizacii neftegazonosnogo protsesssa* [Mobile direct-prospecting methods - new opportunities of the oil and gas exploration accelerating and optimization]. *Oil and gas*, 2015, no. 2, pp. 93-115.
 17. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Novye vozmozhnosti operativnoj ocenki perspektiv neftegazonosnosti razvedochnykh ploshhadej, trudnodostupnykh i udalennykh territorij, licenziannykh blokov* [New possibilities for the oil-and-gas prospects operative estimation of exploratory areas, difficult of access and remote territories, license blocks]. *Geoinformatika*, 2010, no. 3, pp. 22-43.
 18. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Pidlisna I.S. *O vozmozhnosti obnaruzhenija skoplenij gaza v plotnykh peschanikah mobil'nymi geofizicheskimi metodami* [On the possibility of gas accumulations detecting in tight sands by mobile geophysical methods]. *Geodynamics*, 2013, no. 2, pp. 210-212.
 19. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. *Operativnaja ocenka resursov uglevodorodov v predelakh poiskovykh ploshhadej i otdel'nykh struktur na shel'fe metodom chastotno-rezonansnoj obrabotki i interpretacii dannykh DZZ* [Operative assessment of hydrocarbon resources within the prospecting areas and separate structures in offshore by frequency-resonance method of remote sensing data processing and interpretation]. *Geoinformatika*, 2015, no. 1, pp. 5-26.
 20. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Ocenka odnositel'nykh znachenij plastovogo davlenija fljuidov v kollektorah: rezul'taty provedennykh jeksperimentov i perspektivy prakticheskogo primeneniya* [Assessment of relative values of reservoir pressure of fluids in collectors: results of conducted experiments and prospects of practical application]. *Geoinformatika*, 2011, no. 2, pp. 19-35.
 21. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Chastotno-rezonansnyj princip, mobil'naja geoelektricheskaja tehnologija: novaja paradigma geofizicheskikh issledovanij* [Frequency-resonance principle, mobile geoelectric technology: a new paradigm of Geophysical Research]. *Geophysical journal*, 2012, v. 34, no. 4, pp. 167-176.
 22. Levashov S.P., Yakymchuk M.A. Korchagin I.N. *Elektrorezonansnoe zondirovanie i ego ispol'zovanie dlja resheniya zadach ekologii i inzhenernoj geologii* [Electroresonance sounding and its application for the ecology and engineer geology problem solving]. *Geological journal*, 2003, no. 4, pp. 24-28.
 23. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Zazekalo I.G., Soroka A.I. *Ekspress-tehnologija “pryamykh” poiskov i razvedki skoplenij nefiti i gaza geoelektricheskimi metodami: rezul'taty primeneniya na gazoperspektivnykh uchastkakh v Dneprovsko-Donetskoj vpadine (Poltavskaya oblast)* [Express technology of “direct” prospecting and exploration for oil and gas accumulations by geoelectric methods: results of application on the perspective for gas areas in the Dnieper-Donets Basin (Poltava region)]. *Ukrainian Geologist*, 2005, no. 1, pp. 43-54.
 24. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Ekspress-tehnologija “pryamykh” poiskov i razvedki skoplenij uglevodorodov geoelektricheskimi metodami: rezul'taty prakticheskogo primeneniya v 2001-2005 gg.* [Express technology of “direct” prospecting and exploration for hydrocarbon accumulations by geoelectric methods: results of practical application in 2001-2005]. *Geoinformatika*, 2006, no. 1, pp. 31-43.
 25. Lukin A.E. *Sistema “superpljum - glubokozalegajushhie segmenty neftegazonosnykh bassejnov” - neischerpaemyj istochnik uglevodorodov* [The system “superplume - deep-segments of oil and gas basins” - an inexhaustible source of hydrocarbons]. *Geological journal*, 2015, no. 2, pp. 7-20.
 26. Machuzhak M.I., Lyzanets A.V. *Perspektivy vidkrytija znachnykh za zapasamy rodovysch hazu na velykykh hlybynakh u Dniprovs'ko-Donets'kij zapadyni* [Discovery potential of important deposits deeply buried in the Dnipro-Donets basin]. *Oil & gas industry of Ukraine*, 2013, no. 3, pp. 20-23.
 27. Mikhailov V.A., Vyzhva S.A. *Netradytsiyni resursy vuhlevodniv Ukrainy - ohlyad problemy* [Unconventional hydrocarbon resources of Ukraine - an overview of the problem]. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii “Netradicionnye istochniki uglevodorodov v Ukraine: poiski, razvedka, perspektivy”* [Proceedings of the International Scientific Conference “Unconventional hydrocarbons in Ukraine: exploration and prospects”]. Kyiv, 2013, pp. 16-18.
 28. Petrovskiy A.P., Anischenko Y.V., Fedchenko T.A., Ganzhenko N.S. *Integral'noe geologo-geofizicheskoe modelirovanie Obolonskoj astroblemy v svete perspektiv ee neftegazonosnosti* [Integral geological and geophysical modeling of Obolonskaya astrobleme in the light of the prospects of its oil and gas potential] *Voprosy teorii i praktiki geologicheskoy interpretacii gravitacionnykh, magnitnykh i jelektricheskikh polej: Materialy 41-j sessii Mezhdunarodnogo nauchnogo seminara imeni*

- D.G. Uspenskogo, Ekaterinburg, 27-31 janvarja 2014 g.* [Theory and practice of geological interpretation of gravity, magnetic and electric fields: Materials of 41 session of the International Scientific Seminar of D.G. Uspenskiy name, Yekaterinburg, 27-31 January 2014]. Yekaterinburg, *IGP UB RAS*, 2014, pp. 189-191.
29. Petrovskiy A.P., Anischenko Y.V., Fedchenko T.A., Ganzhenko N.S. *Obolonskaja astroblema - integral'naja geologo-geofizicheskaja model' netradicionnyh rezervuarov kak novyj ob'ekt neftegazopiskovyh rabot* [Obolonskaya astrobleme - integrated geological-geophysical model of unconventional reservoirs as a new object of oil and gas exploration]. *Geofizika*, 2015, no. 2, pp. 61-68.
 30. Rosliy I.S., Skrebets M.O. *Aktual'nist' dorozvidky brakhiantyklinal'nykh struktur pivdenno-skhidnoyi chastyny Dniprovs'ko-Donets'koho avlakohenu. Stat'ya 1. Heolohichnyy rozvytok ta otsinka hazonosnosti Slov'yans'koyi skladky* [Urgency of additional exploration of brahiantyklinal structures of southeastern part of the Dnieper-Donetsk avlakogene. Article 1. Geological development and evaluation of gas content of Slavyanskaya fold]. *Mineralni resursy Ukrainy*, 2012, no. 3, pp. 30-37.
 31. Timurziyev A.I. *Mantijnye ochagi generacii ulevodorodov: geologo-fizicheskie priznaki i prognozno-poiskovye kriterii kartirovaniya; zakonomernosti neftegazonosnosti neдр kak otrazhenie razgruzki v zemnoj kore mantijnyh UV-sistem* [Mantle pockets of hydrocarbon generation: geological and physical characteristics and prognostic search criteria mapping; patterns of subsurface oil and gas potential as a reflection of unloading in the crust of mantle hydrocarbon systems]. *2-e Kudrjavcevskie chtenija. Vserossiyskaya konferentsiya po glubinnomu genezisu nefii*. Moscow: *TsGE*, 2013, pp. 333-379.
 32. Dietmar Neuhaus Exploring for tight gas in Ukraine: Shell technical and non-technical solutions. *Abstracts international scientific conference "Unconventional sources of hydrocarbons in Ukraine: exploration, prospects"*, Kyiv, 2013, pp. 15-16.
 33. Kiersnowski H., Dyrka I. Ordovician-Silurian shale gas resources potential in Poland: evaluation of Gas Resources Assessment Reports published to date and expected improvements for 2014 forthcoming Assessment. *Przegld Geologiczny*, 2013, vol. 61, no. 11/1, pp. 639-656.
 34. Kutcherov V.G., Krayushkin V.A. Deep-seated abiogenic origin of petroleum: From geological assessment to physical theory. *Reviews of Geophysics*, 2010, vol. 48, issue 1, doi:10.1029/2008RG000270. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008RG000270/pdf> (Accessed 15 June 2015).
 35. Rajnauth J., Boodoo C. Trinidad and Tobago's First Deepwater Drilling Campaign. *The West Indian Journal of Engineering*, 2013, vol. 35, no. 2, pp. 4-14.
 36. Yakymchuk N.A., Levashov S.P., Korchagin I.N., Bozhezha D.N. Mobile Technology of Frequency-Resonance Processing and Interpretation of Remote Sensing Data: The Results of Application in Different Region of Barents Sea. *Offshore Technology Conference Arctic Technology Conference*, 23-25 March, Copenhagen, Denmark, 2015. doi:10.4043/25578-MS. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/OTC-25578-MS> (Accessed 15 June 2015).

Received 16/06/2015